

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DOUTORADO EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

MARIA MARILEI SOISTAK CHRISTO

**ANÁLISE DE MOVIMENTOS OCULARES EM QUESTÕES DE
CÁLCULO: UM ESTUDO DESENVOLVIDO COM ALUNOS DE
CURSOS DE ENGENHARIA**

TESE

PONTA GROSSA

2019

MARIA MARILEI SOISTAK CHRISTO

**ANÁLISE DE MOVIMENTOS OCULARES EM QUESTÕES DE
CÁLCULO: UM ESTUDO DESENVOLVIDO COM ALUNOS DE
CURSOS DE ENGENHARIA**

Documento apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ensino de Ciência e Tecnologia, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de concentração: Ensino na Engenharia.

Orientador: Prof. Dr. Luis Mauricio Martins de Resende

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Ângela Inês Klein

PONTA GROSSA

2019

Ficha catalográfica elaborada pelo Departamento de Biblioteca
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Ponta Grossa
n.44/19

C556 Christo, Maria Marilei Soistak

Análise de movimentos oculares em questões de cálculo: um estudo desenvolvido
com alunos de cursos de engenharia. / Maria Marilei Soistak Christo. 2019.
196 f.; il. 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Luis Mauricio Martins de Resende
Coorientadora: Profa. Dra. Ângela Inês Klein

Tese (Doutorado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Programa de Pós-
Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do
Paraná, Ponta Grossa, 2019.

1. Olhos - Movimentos. 2. Aprendizagem. 3. Cálculo. 4. Engenharia - Estudantes. I.
Resende, Luis Mauricio Martins de. II. Klein, Ângela Inês. III. Universidade Tecnológica
Federal do Paraná. IV. Título.

CDD 507



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus de Ponta Grossa
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Título da Tese Nº 19/ 2019

ANÁLISE DE MOVIMENTOS OCULARES EM QUESTÕES DE CÁLCULO: UM ESTUDO
DESENVOLVIDO COM ALUNOS DE CURSOS DE ENGENHARIA

por

Maria Marilei Soistak Christo

Esta tese foi apresentada às 14 horas do dia **03 de maio de 2019** como requisito parcial para a obtenção do título de DOUTOR EM ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, com área de concentração em Ciência, Tecnologia e Ensino, do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dr^a. Rosângela Gabriel
(UNISC)

Prof^a. Dr^a. Marta Burda Schastai
(SEED)

Prof^a. Dr^a. Maria Sílvia Bacila
Pinheiro (UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Nilceia Aparecida Maciel Pinheiro
(UTFPR)

Prof. Dr. Ednei Félix Reis
(UTFPR)

Prof. Dr. Luis Maurício Martins de Resende
(UTFPR) - Orientador

A FOLHA DE APROVAÇÃO ASSINADA ENCONTRA-SE ARQUIVADA NA SECRETARIA
ACADÊMICA

AGRADECIMENTOS

Estes parágrafos são dedicados a “todas” as pessoas que auxiliaram no processo de produção deste texto, fase muito importante na minha vida, à qual dediquei alguns anos. Entretanto, algumas pessoas foram essenciais para a conclusão e não posso deixar de citá-las pelo nome, pela minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Luis Mauricio Martins de Resende, pela paciência, amizade, companheirismo em me aceitar como orientanda. Nada mais gratificante do que saber que acreditou em mim e confiou em meu trabalho.

À minha coorientadora Prof^a Dr^a Ângela Inês Klein, por me acolher nos momentos de dúvida e estar sempre pronta a me socorrer em anseios e dúvidas, sendo acima de tudo, amiga.

À minha amiga de instituição Prof^a Dr^a Regina Negri Pagani, pelo tempo dedicado a mim e seu valoroso auxílio, sempre que precisei.

Ao Prof. Dr. Ednei Félix Reis, pelo auxílio e atenção dedicada durante todo o projeto, além da elaboração das questões ao experimento.

Aos Professores Romeu Miqueias Szmoski e Rafael Ribaski Borges, e ao estagiário alemão Dominik Grätz, que foram essenciais e muito importantes para a conclusão desta pesquisa, auxiliando muito com as análises estatísticas e tirando todas as minhas dúvidas.

Aos meus colegas e amigos de caminhada, Débora Barni de Campos e Fábio Edenei Mainginski, que ouviram minhas lamentações, críticas e alegrias, em todos os momentos que estudamos, choramos, compartilhamos e vivemos juntos.

Aos meus amados Felipe e Junior, por me compreenderem nesses anos de estudo.

Aos meus colegas de sala e alunos que participaram da pesquisa voluntariamente.

Aos meus colegas de trabalho da UTFPR, que não pouparam esforços para que eu pudesse estudar, mesmo aumentando sua carga de trabalho em virtude ao meu afastamento.

À Secretaria do Curso, pela cooperação.

À UTFPR e ao Governo Estadual do Paraná, pela concessão do meu afastamento integral das atividades.

Aos participantes da banca: Professora Rosângela, Professora Marta, Professora Maria Silvia, Professora Nilcéia e Professor Ednei por se disporem a ler o trabalho e contribuir positivamente com ele, reconhecendo a importância do trabalho para a pesquisadora.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”. (Albert Einstein)

RESUMO

CHRISTO, Maria Marilei Soistak. **Análise de movimentos oculares em questões de cálculo:** um estudo desenvolvido com alunos de cursos de engenharia. 2019. 196 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar em que o comportamento ocular dos alunos de Engenharia com melhor desempenho (MD) e pior desempenho (PD) se aproxima ou se diferencia durante a resolução de problemas matemáticos, considerando as notas obtidas no ENEM e nas disciplinas de CDI I e CDI II. A amostra estudada envolveu 57 alunos calouros dos cursos de Engenharia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. Foram aplicadas três etapas de testes, uma em cada semestre: três questões de nível médio, três questões de CDI I e três questões de CDI II. Os movimentos oculares de todos os participantes foram gravados e, para certificação de uma leitura com atenção, foi solicitado que os alunos explicassem verbalmente o problema após a leitura no rastreador ocular. Após, os alunos resolveram as questões no papel. Esta pesquisa teve como objetivos específicos: 1) Verificar o tempo de leitura médio entre os dois grupos de alunos (MD e PD); 2) Investigar os movimentos oculares que envolvem a quantidade de sacadas progressivas e regressivas; 3) Comparar se os alunos com pior desempenho realizam mais sacadas regressivas que os alunos com melhor desempenho; 4) Analisar os movimentos oculares quanto ao número de fixações, às áreas de interesse e aos mapas de calor; 5) Averiguar o nível de confiança que diferencia os dois grupos (MD e PD) quanto ao comportamento ocular; 6) Apresentar as análises e sugestões para futuras pesquisas. O produto da tese apresenta o mapa de calor, mapa de opacidade e traçado de olhares como possibilidades de análises a partir do rastreador; análises realizadas em relação a: acertos e erros, aprovação e reprovação, questões refeitas por alunos que reprovaram em CDI I; e sugestões para trabalhos futuros. Os objetivos propostos foram alcançados. Por meio do uso do rastreador ocular, foram encontradas regularidades e disparidades, ou seja, no que o olhar dos alunos com melhor e pior desempenho se aproxima (número de fixações em CDI II, mapas de calor, revisitas às áreas de interesse, número de sacadas regressivas) e no que diferencia (média do tempo de leitura, número de sacadas, duração das fixações, número de fixações EM e CDI I, mapas de calor). Conclui-se que não é possível diferenciar o comportamento ocular dos alunos de Engenharia com melhor desempenho dos alunos com pior desempenho. Entretanto, é válido observar que os dados de CDI I demonstram diferenças em relação aos dados de EM e CDI II.

Palavras-chave: Ensino-aprendizagem. Matemática. Rastreador ocular. Movimento ocular. Engenharia.

ABSTRACT

CHRISTO, Maria Marilei Soistak. **Analysis of eye movements in questions of calculus:** a study developed with students of engineering courses. 2019. 196 p. Thesis (Doctoral in Teaching Science and Technology) - Federal University of Technology – Paraná, Ponta Grossa, 2019.

The objective of the present work was to evaluate wherein the ocular behavior of Engineering students with better and worse performance (WP and BP) approach or differs when subjects solve mathematical problems based on the scores in ENEM, CDI I and CDI II. The sample consisted of 57 freshmen of the Engineering courses of the Federal Technological University of Paraná, Campus Ponta Grossa. Three test phases were conducted, one in each semester: three mid-level questions, three CDI I questions and three CDI II questions. The eye movements of all the participants were recorded and, to verify that the students read carefully, the students were asked to verbally explain the problem after reading. Following this procedure, the students solved these questions on paper. The objective were of this study were as follows: 1) To assess the average reading time between the students with worse and better performance; 2) Investigating eye movements involving the amount of progressive and regressive saccades; 3) Comparing whether the students worst performers perform more regressions than better performing students; 4) Analyzing eye movements regarding the number of fixations, the areas of interest and heat maps; 5) Finding out the level of confidence that differentiates the two groups (worse and better performance) regarding ocular behavior; 6) Presenting analysis attempts and suggestions for future research. The product of the thesis presents the map of heat, map of opacity and tracing of looks as possibilities of analysis from the tracker; analyzes performed in relation to: correctness and errors, approval and disapproval, questions reworked by students who failed in CDI I; and suggestions for future work. The proposed objectives have been achieved. Through the use of the ocular tracer, we found regularities and disparities, in other words, in what the students look with better and worse performance is approaching (number of fixations in CDI II, heat maps, revisits to the areas of interest, number of (average reading time, number of balances, duration of fixations, number of mid-level and CDI I fixings, heat maps). It is concluded that it is not possible to differentiate the ocular behavior of the Engineering students with better performance of the students with worse performance. However, it is worth noting that the CDI I data demonstrate differences in relation to the data of mid-level and CDI II.

Keywords: Teaching-learning. Mathematics. Eye tracking. Eye movements. Engineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de funcionamento de um <i>eye tracking</i>	89
Figura 2 - Principais elementos ópticos do olho humano	90
Figura 3 - Região foveal, parafoveal e periférica.....	91
Figura 4 - Leitura de três participantes da pesquisa piloto	103
Figura 5 - Palavras-chave e combinações da busca sistematizada	105
Figura 6 - Exemplo de normalização de dados	116
Figura 7 - Sacadas regressivas observada no teste nível EM.....	128
Figura 8 - Sacadas regressivas registradas no teste de CDI I	129
Figura 9 - Sacadas regressivas registradas no teste de CDI II	130
Figura 10 - Questão 1 do EM: melhor e pior desempenho no ENEM	147
Figura 11 - Parte 1 da Questão 2 do EM: melhor e pior desempenho no ENEM	148
Figura 12 - Parte 2 da Questão 2 do EM: melhor e pior desempenho no ENEM	149
Figura 13 - Parte 3 da Questão 2 do EM: melhor e pior desempenho no ENEM	149
Figura 14 - Parte 1 da Questão 3 do EM: melhor e pior desempenho no ENEM	150
Figura 15 - Parte 2 da Questão 3 do EM: melhor e pior desempenho no ENEM	151
Figura 16 - Parte 3 da Questão 3 do EM: melhor e pior desempenho no ENEM	152
Figura 17 - Questão 1 de CDI I: MD e PD em CDI I.....	153
Figura 18 - Questão 2 de CDI I: MD e PD em CDI I.....	154
Figura 19 - Questão 3 de CDI I: MD e PD em CDI I.....	155
Figura 20 - Questão 1 de CDI II: MD e PD em CDI II.....	156
Figura 21 - Questão 2 de CDI II: MD e PD em CDI II.....	156
Figura 22 - Parte 1, Questão 3 de CDI II: MD e PD em CDI II	157
Figura 23 - Parte 2, Questão 3 de CDI II: MD e PD em CDI II	158
Figura 24 - Modelo de mapa de calor.....	162
Figura 25 - Modelo de mapa de opacidade.....	162
Figura 26 - Modelo de traçado de olhares.....	163
Figura 27 - Mapas de calor dos alunos que acertaram e erraram Questão 1 de CDI I.....	165
Figura 28 - Mapas de calor dos alunos que acertaram e erraram Questão 2 de CDI II.....	166
Figura 29 - Mapas de calor questão 1 de CDI II: alunos aprovados e reprovados..	167
Figura 30 - Mapas de calor de dois alunos que erraram a Questão 1 nos dois semestres.....	168
Figura 31 - Mapas de calor de dois alunos que acertaram a Questão 1 nos dois semestres.....	169
Figura 32 - Mapas de calor de quem acertou e de quem errou a Questão 3	169
Figura 33 - Mapas de calor de alunos que erraram Questão 1 no 1º teste e acertaram no 2º.....	170

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Motivos de desistência alunos da UTFPR - Campus Ponta Grossa.....	19
Gráfico 2 - Quantidade de artigos classificados pelo <i>Methodi Ordinatio</i> por ano de publicação	106
Quadro 1 - Estudos realizados com rastreador ocular	95
Quadro 2 - Etapas dos procedimentos metodológicos	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Reprovação em Cálculo I e II nos Cursos de Engenharia da UTFPR: Campus Ponta Grossa	23
Tabela 2 - Autores mais citados nas 123 publicações classificadas	106
Tabela 3 - Acerto e tempo de resolução de cada questão	112
Tabela 4 - Normalização dos dados de acordo com cada questão	117
Tabela 5 - Média geral de tempo de leitura, fixações e sacadas	117
Tabela 6 - Síntese dos dados estatísticos: Média do tempo de leitura	121
Tabela 7 - Síntese dos dados estatísticos: Número de sacadas.....	126
Tabela 8 - Síntese dos dados estatísticos: Sacadas regressivas.....	130
Tabela 9 - Síntese dos dados estatísticos: Número de fixações.....	135
Tabela 10 - Síntese dos dados estatísticos: Revisitas às áreas de interesse	140
Tabela 11 - Síntese dos dados estatísticos: Duração das fixações das áreas de interesse.....	145
Tabela 12 - Número médio de fixações por questão	148
Tabela 13 - Comparação entre os grupos nos três níveis (média).....	159
Tabela 3 - Acerto e tempo de resolução de cada questão	165

LISTA DE ABREVIATURAS

cm	Centímetros
Hz	<i>Hertz</i>
Kg	Quilograma
m ²	Metro quadrado
md	Mediana
ms	Milissegundos
seg	Segundo
x	Média

LISTA DE SIGLAS

ANA	Avaliação Nacional da Alfabetização
ANEB	Avaliação Nacional de Educação Básica
AR	Realidade aumentada
APP	Aplicativos móveis
CAS	<i>Computer Algebra Systems</i>
CDI	Cálculo Integral Diferencial
CDI I	Cálculo Integral Diferencial I
CDI II	Cálculo Integral Diferencial II
CPS	<i>Collaborative problem-solving</i>
DP	Desvio Padrão
EUA	Estados Unidos da América
E-books	Livros eletrônicos
EM	Ensino Médio
EMME	<i>Eye-movement modelling example</i>
GBL	<i>Game-based-learning</i>
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
LS	<i>Lesson study</i>
MD	Melhor desempenho
OE	Objetivo Específico
OG	Objetivo Geral
PCK	<i>Pedagogical content knowledge</i>
PEARL	Experimentação Prática por Acesso Educacional Remoto
PD	Pior desempenho
PPGECT	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia
RA	Realidade aumentada
RED	<i>Remote Eyetracking Device</i>
SMI	<i>Senso Motoric Instruments</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TICs	Tecnologias de comunicação e informação
UC	Unidades Curriculares
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
WEB	<i>World Wide Web</i>

LISTA DE ACRÔNIMOS

ANRESC	Avaliação Nacional do Rendimento Escolar – Prova Brasil
COBENGE	Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
PROUNI	Programa Universidade para Todos
SAEB	Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica
SISU	Universidade pelo Sistema de Seleção Unificado
SMU	Universidade de Sefako Makgatho
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVOS.....	21
1.1.1 Objetivo Geral (OG)	21
1.1.2 Objetivos Específicos (OE)	21
1.2 JUSTIFICATIVA.....	22
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	24
2 REFERENCIAL TEÓRICO	26
2.1 PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM	26
2.1.1 Aprendizagem.....	26
2.1.2 Ensino.....	33
2.1.3 Processo Ensino-Aprendizagem.....	37
2.2 PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM NA UNIVERSIDADE.....	42
2.3 DESAFIOS NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM NA ENGENHARIA..	49
2.4 COGNIÇÃO MATEMÁTICA	55
2.5 ENSINO DA MATEMÁTICA NO ENSINO SUPERIOR	61
2.6 ENSINO-APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA NA ENGENHARIA.....	71
2.7 AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM.....	79
2.8 RASTREADOR OCULAR: PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES.....	87
2.8.1 Surgimento Inicial do Rastreamento Ocular	87
2.8.2 Definição do Rastreador Ocular – <i>Eye Tracking</i>	88
2.8.3 Visão	89
2.8.4 Tipos de Movimentos dos Olhos	92
2.8.5 Aplicações Práticas com o <i>Eye Tracking</i>	95
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	102
3.1 PRIMEIRA ETAPA: REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA	104
3.2 SEGUNDA ETAPA: PESQUISA DE CAMPO.....	107
3.2.1 Validação de Questões	107
3.2.2 Coleta de Dados com Calouros dos Cursos de Engenharia da UTFPR	108
3.2.2.1 Participantes da pesquisa	108
3.2.2.2 Descrição e aplicação dos instrumentos	109
3.2.2.3 Especificações técnicas do aparelho e do laboratório.....	111
3.3 TERCEIRA ETAPA: MODO DE TABULAÇÃO DOS DADOS	112
4 RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	116

4.1 RESULTADO E ANÁLISE QUANTO À MÉDIA DO TEMPO DE LEITURA.....	118
4.2 RESULTADO E ANÁLISE QUANTO ÀS SACADAS	123
4.2.1 Resultado e Análise Estatística Quanto ao Número de Sacadas	123
4.2.2 Resultado e Análise Estatística quanto às Sacadas Regressivas	127
4.3 RESULTADO E ANÁLISE QUANTO ÀS FIXAÇÕES.....	132
4.3.1 Resultado e Análise Estatística quanto ao Número de Fixações.....	132
4.3.2 Resultado e Análise Estatística quanto às Áreas de Interesse	137
4.3.3 Resultado e Análise Qualitativa: Mapas de Calor (Heat Map)	146
4.4 SÍNTESE DOS RESULTADOS E DAS ANÁLISES	159
5 PRODUTO EDUCACIONAL - LEITURA DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS: POSSIBILIDADES E ANÁLISES POR MEIO DO RASTREADOR OCULAR E SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS	161
5.1 POSSIBILIDADES DE ANÁLISES A PARTIR DO RASTREADOR	161
5.2 ANÁLISES REALIZADAS	164
5.3 SUGESTÕES PARA POSSÍVEIS TRABALHOS	170
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	174
REFERÊNCIAS.....	183

1 INTRODUÇÃO

Situações cotidianas observadas resultaram em indagações que me¹ fizeram refletir sobre a vontade em pesquisar o desempenho matemático acadêmico, de maneira que a ideia não surgiu apenas no processo de doutorado. Fui professora do Kumon² (português e matemática), professora das séries iniciais na Prefeitura Municipal de Ponta Grossa e sempre observei as dificuldades matemáticas apresentadas pelos alunos. Iniciei como pedagoga do Estado em 2005, onde foi possível observar alunos no Ensino Fundamental 2 e Ensino Médio (EM). As inquietações aumentaram mais ainda ao perceber que as dificuldades continuam no Ensino Superior, ao assumir a função de pedagoga em 2010 na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

Ao ingressar na Universidade Estadual de Ponta Grossa, no curso de Pedagogia, eu tinha expectativa de estudar os motivos que levam às dificuldades de aprendizagem matemática. Entretanto, não foi bem o que ocorreu, pois o curso de Pedagogia não abordou questões matemáticas e suas dificuldades na aprendizagem, mantendo-se em questões pertinentes à metodologia da matemática, especialmente de Ensino Fundamental 1.

Ao concluir pedagogia, iniciei minha caminhada como professora de Séries Iniciais na prefeitura. Trabalhei com várias turmas, sendo que uma delas acompanhei por três anos consecutivos no antigo ciclo de aprendizagem (antiga 1ª, 2ª e 3ª séries). Com essa turma, pude perceber que as crianças possuem receio da matemática, por se tratar de uma disciplina considerada difícil por eles.

Partindo de observações de sala de aula, iniciei o Mestrado Profissional em Ensino de Ciência e Tecnologia, mantendo o interesse pelo ensino de matemática resultando na dissertação intitulada: “Ensino-aprendizagem por meio de projetos desenvolvidos por equipes de responsabilidade em sala de aula: o enfoque no ensino de Matemática nas Séries Iniciais”. A partir do mestrado, com novas experiências e novas aprendizagens, iniciei meu trabalho como pedagoga do município e logo fui convidada a ser diretora. Por não se tratar de meu perfil de

¹ Na introdução usei a primeira pessoa do singular para relatar a minha experiência. No decorrer do texto, a terceira pessoa do singular foi usada para relatar a pesquisa.

² Kumon é um método japonês que visa desenvolver o autodidatismo nos alunos de forma individualizada por intermédio das disciplinas de matemática e língua pátria.

trabalho ser diretora, comecei a prestar outros concursos para trabalhar como pedagoga. Já trabalhava como pedagoga do Estado do Paraná e iniciei na UTFPR na mesma função em 2010, assumindo novos objetivos.

O interesse por questões relacionadas ao ensino-aprendizagem foi aumentando a partir de acompanhamentos semestrais nos Cursos de Engenharia, especialmente em relação aos altos índices de reprovação nas disciplinas associadas à área da Matemática.

A partir da própria experiência, considero perceptível que todos os graus de ensino têm apresentado problemas no processo ensino-aprendizagem da matemática. No ensino superior, esses problemas vêm à tona quando os alunos finalizam os primeiros semestres e, muitos reprovam em algumas disciplinas (especialmente vinculadas à matemática ou física), prejudicando o andamento regular do curso e aumentando muito a sua permanência no curso de graduação.

Muitas vezes, os alunos apresentam dificuldades em matemática antes mesmo de seu ingresso no Ensino Superior. Essas dificuldades são encontradas, de modo geral, na educação brasileira por alunos e professores e são muitas, o que pode ser observado nos resultados das provas nacionais aplicadas. Dentre as formas de mensuração da aprendizagem de ensino fundamental e médio no Brasil, há instrumentos que permitem a verificação dos índices de desempenho como Avaliação Nacional da Educação Básica (ANEB³), Avaliação Nacional do Rendimento Escolar - Prova Brasil⁴ (Anresc) e Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). A partir de 2019 as siglas ANEB, ANA e Anresc serão identificadas apenas como Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (SAEB⁵).

³ ANEB utiliza os mesmos instrumentos da Prova Brasil/ Anresc e é aplicado com a mesma periodicidade. Diferencia-se por abranger, de forma amostral, escolas e alunos das redes públicas e privadas do País com mais de 10 alunos matriculados nos três últimos ciclos da Educação Básica: 5º ano, 9º ano (Ensino Fundamental) e 3ª série do Ensino Médio regular.

⁴ A Prova Brasil (Anresc) é uma avaliação censitária bianual aplicada para alunos do 5º e 9º ano do Ensino Fundamental das escolas públicas que possuem acima de 20 alunos matriculados nestes anos. Seu principal objetivo é mensurar a qualidade do ensino na rede pública, em Língua Portuguesa (Leitura) e Matemática. A Prova Brasil surgiu em 2005, com a necessidade de dados detalhados por município e escola participante, sendo que em 2007 passou a ser realizada em conjunto com o SAEB por usar a mesma metodologia (INEP, 2017).

⁵ O SAEB foi criado em 1990, em escala nacional, para se conhecer o sistema educacional brasileiro. Em 2005, passou a ser composto pela Avaliação Nacional da Educação Básica (ANEB) e pela Avaliação Nacional do Rendimento Escolar (Anresc), conhecida como Prova Brasil, criada com o objetivo de avaliar a qualidade do ensino ministrado nas escolas das redes públicas. Em 2013, a Avaliação Nacional da Alfabetização (ANA) foi incorporada ao SAEB. Em 2017, além das escolas públicas, escolas privadas passaram a ser avaliadas pelo SAEB. Em 2019, passará a avaliar Educação Infantil, 2º ano, 5º ano, 9º ano (Ensino Fundamental) e 3º ano do Ensino Médio.

De acordo com o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP, 2017), os resultados gerais das avaliações do SAEB demonstram que de 2013 a 2015 as proficiências médias em Matemática evoluíram nos Anos Iniciais e Finais do Ensino Fundamental, mas caíram no EM pela segunda vez consecutiva, justificando a preocupação de se estudar de forma acadêmica o tema. Já em língua portuguesa, as proficiências médias melhoraram em todos os níveis de ensino de 2013 para 2015, mesmo que ainda haja um número expressivo de alunos nos níveis mais baixos da escala de proficiência (INEP, 2017).

Já no ENEM 2018, considerando a média geral, os participantes obtiveram: em ciências humanas e suas tecnologias (569,2⁶), em linguagens e códigos e suas tecnologias (526,9), matemática e suas tecnologias (535,5), ciências da natureza e suas tecnologias (493,8) e redação com média geral de 522,8 (INEP, 2019).

Não é uma média geral alta, visto que no novo sistema quanto mais distante de 500 melhor o desempenho. O aluno, por muitas vezes, não consegue entender o que o professor lhe ensina, apresenta muitas dúvidas, não tem muito interesse, muitas vezes reprova, ou então, mesmo quando aprovado, apresenta problemas em utilizar o conhecimento aprendido e desconhece em que momentos deve utilizar tal conhecimento. Em síntese, na maioria das vezes, falta ao aluno subsídios para que o processo ensino-aprendizagem se efetive.

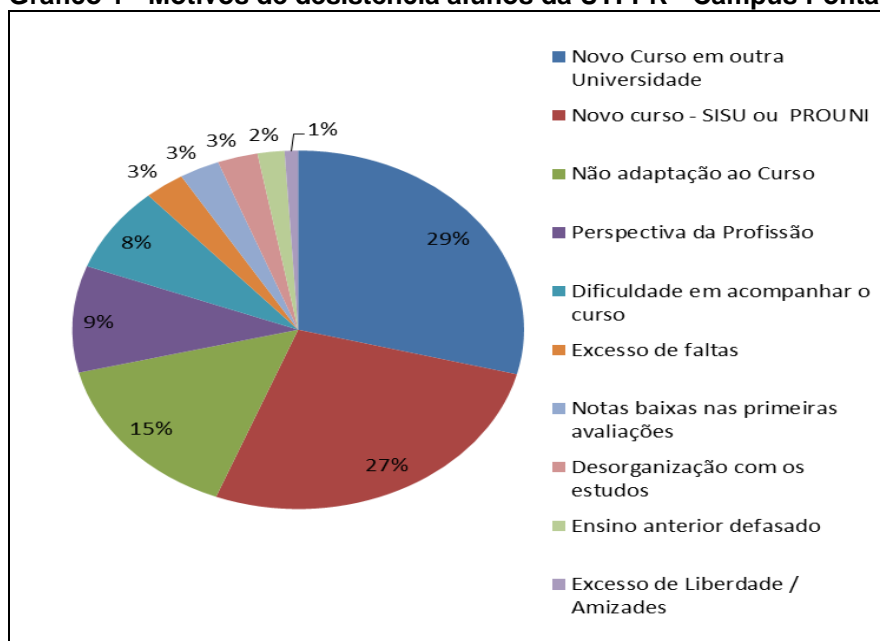
O aluno chega ao Ensino Superior com alta expectativa de mudanças, novidades, mas, inserido no cenário retratado pelos testes nacionais, a dificuldade continua presente. Especialmente em disciplinas vinculadas à matemática, estas dificuldades se refletem no alto índice de reprovação em algumas disciplinas dos Cursos de Engenharia nos primeiros períodos. Além disso, as dificuldades em disciplinas vinculadas ao Cálculo Matemático também refletem no índice de desistência. Em um estudo de caso a pesquisadora verificou que grande parcela das desistências se dá pela troca de cursos por alunos ingressantes (CHRISTO,

⁶ A média da nota do ENEM depende, além do número de questões respondidas corretamente, da dificuldade das questões que se erra e se acerta, e da consistência das respostas. Por isso, pessoas que acertam o mesmo número absoluto de itens podem obter médias de desempenho distintas. Na escala construída para o Enem, dentro de cada uma das áreas avaliadas, a nota 500 representa a média obtida pelos concluintes do ensino médio que realizaram a prova (excluídos os egressos e treineiros). Portanto, quanto mais distante de 500 for a nota do estudante, para cima, maior o desempenho obtido em relação à média dos participantes. Mesmo raciocínio vale para desempenho menor que 500, que aponta desempenho pior em relação ao obtido pela média (INEP, 2018).

RESENDE, KUHN, 2018) que entram na Universidade pelo Sistema de Seleção Unificado (SISU).

Conforme Gráfico 1, verificou-se que entre 2013 e 2014, 8,8% dos alunos matriculados no Campus Ponta Grossa da UTFPR desistiram. Destes, os três motivos mais citados foram: “Novo Curso em outra Universidade”, “Novo Curso - SISU ou Programa Universidade para Todos (PROUNI)” e “Não Adaptação ao Curso”. É um indício de que os alunos que participaram da pesquisa não se adaptaram ao curso escolhido e decidiram trocar.

Gráfico 1 - Motivos de desistência alunos da UTFPR - Campus Ponta Grossa



Fonte: Christo, Resende, Kuhn (2018, p. 163)

O Gráfico 1 apresenta uma pesquisa realizada com alunos que desistiram de seus cursos na UTFPR, no qual se percebe que a maior parcela dos participantes da pesquisa desistiram para mudar de curso. Não foi possível pesquisar por quais motivos decidiram mudar de curso, cuja pesquisa seria interessante para saber se a mudança de curso está relacionada com as dificuldades encontradas em disciplinas matemáticas ou não.

Zarpelon (2017) afirma, em um estudo de caso em relação à aprendizagem da matemática, que se percebe grande dificuldade dos alunos na aprovação de disciplinas desta área, apresentando grande índice de reprovação entre os primeiros períodos dos cursos de Engenharia nas universidades. Garzella (2013) indica que o fracasso dos alunos, especialmente na disciplina de Cálculo Integral Diferencial I

(CDI I), decorre do modo de organização da disciplina, normalmente rígida e inflexível, assim como das metodologias de trabalho aplicadas pelos docentes. Zarpelon (2016) salienta que o comprometimento acadêmico interfere de modo expressivo no desempenho dos calouros em CDI I e CDI II (Cálculo Diferencial Integral II).

Cury (2004, p.7) faz reflexões a respeito da aprendizagem de Matemática no Ensino Superior e reflete que “ainda apresenta problemas graves, evidenciados em qualquer procedimento avaliativo”. Reuniu em seu livro relatos de professores brasileiros que trabalham com disciplinas matemáticas, apresentando um grande rol de temas, além de grande diversidade na formação dos docentes das universidades brasileiras.

Observa-se que há uma mobilização de educadores em todo o país, preocupados com a busca de soluções que não sejam apenas paliativas, mas que despertem a atenção dos responsáveis e apontem para uma nova visão pedagógica que possa renovar a realidade atual das escolas. Entretanto, ainda há poucos estudos a respeito de como ocorre o desempenho em cálculo matemático nos cursos universitários, especialmente aqui citados, as Engenharias.

Ao participar de uma oficina na UTFPR sobre o uso do rastreador ocular em pesquisas no uso da linguagem, me interessei por realizar a pesquisa matemática com o uso do “*eye tracking*”, por se tratar de uma pesquisa diferenciada envolvendo um instrumento de análise quantitativa para a coleta e análise de dados.

Pensando neste contexto, propus o desenvolvimento de um estudo com alunos de cursos de engenharia em 2017 e 2018 no Campus Ponta Grossa, de modo a envolvê-los por três semestres consecutivos em uma pesquisa da análise dos seus movimentos oculares enquanto resolvem questões matemáticas, as quais se pressupõem que já estejam aptos, conforme o seu grau de formação. Desta forma, propus a seguinte indagação:

“Em que se diferencia ou se aproxima o comportamento ocular de alunos de Engenharia com melhor e pior desempenho durante a resolução de problemas matemáticos considerando as notas do ENEM e das disciplinas de CDI I e CDI II?”

Ao se analisar o problema, considerei as seguintes hipóteses:

Hipótese geral: O comportamento ocular dos alunos de Engenharia com melhor

desempenho (MD) se diferencia dos alunos com pior desempenho (PD);

Hipóteses Específicas:

- H1. A média do tempo de leitura entre os dois grupos (MD e PD) se distingue;
- H2. Há diferença no comportamento ocular verificável através da análise das sacadas, mais especificamente das sacadas regressivas, entre os grupos com melhor e pior desempenho;
- H3. Os alunos com pior desempenho realizam mais sacadas regressivas que os alunos com melhor desempenho;
- H4. Existe distinção entre os dois grupos (MD e PD) de alunos quando se observa o comportamento ocular quanto ao número de fixações, áreas de interesse e mapas de calor;
- H5. Há diferenças significativas estatísticas observáveis a um nível de confiança de 85% ou mais entre os dois grupos (MD e PD).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral (OG)

- Avaliar em que o comportamento ocular dos alunos de Engenharia com melhor e pior desempenho se aproxima ou se diferencia durante a resolução de problemas matemáticos considerando as notas no ENEM e nas disciplinas de CDI I e CDI II.

1.1.2 Objetivos Específicos (OE)

- OE1. Verificar o tempo de leitura médio entre os dois grupos de alunos (MD e PD);
- OE2. Investigar os movimentos oculares que envolvem a quantidade de sacadas progressivas e regressivas;
- OE3. Comparar se os alunos com pior desempenho realizam mais sacadas regressivas que os alunos com melhor desempenho;

- OE4. Analisar os movimentos oculares quanto ao número de fixações, às áreas de interesse e aos mapas de calor;
- OE5. Averiguar o nível de confiança que diferencia os dois grupos (MD e PD) quanto ao comportamento ocular;
- OE6. Apresentar as análises e sugestões para futuras pesquisas.

O sexto objetivo específico se refere ao produto da Tese. O mesmo consta no item 5, apresentando ao leitor análises realizadas que podem servir de base para novas pesquisas, assim como outras sugestões.

1.2 JUSTIFICATIVA

Conforme Salum (1999), a partir da promulgação da nova Lei de Diretrizes e Bases (LDB) de 1996 e do edital 04/97 do Ministério da Educação que convocava as universidades a elaborar em propostas para as Diretrizes Curriculares do Ensino de Engenharia, aprovadas em 2001, iniciou-se um processo de normatização dos cursos de engenharia, a fim de padronizar o trabalho realizado pelas universidades credenciadas. Entretanto, mesmo envolvendo a comunidade acadêmica nesse processo, os professores apresentam dificuldades no cumprimento dos currículos, especialmente no que diz respeito à metodologia.

Ainda, observa-se que há reprovação em todos os níveis educacionais, inclusive no ensino superior e, mais especificamente em determinadas disciplinas, o que demonstra um grande desafio às instituições no sentido de identificar possíveis motivos para estas reprovações. Zarpelon (2016, p. 13) afirma que “além de impedir a progressão do aluno, a reprovação indica que, de certa forma, houve falhas no processo ensino aprendizagem”.

No âmbito da UTFPR, 47% dos cursos de graduação ofertados em 2018 são cursos de Engenharia (52 cursos de 110). Ao analisar os dados disponíveis no sistema acadêmico da instituição, os maiores índices de reprovação encontram-se em disciplinas voltadas à área de exatas como Cálculo, Física, Geometria Analítica e Álgebra Linear.

Essas percepções desencadeiam a vontade em pesquisar o que ocorre durante o processo ensino aprendizagem da área de exatas e a repensar porque há alunos que aprendem e outros não. Este trabalho está baseado especialmente no

desenvolvimento da disciplina de Cálculo Diferencial Integral I e II (CDI I e CDI II), visto que CDI I é uma das disciplinas com maior índice de reprovação, realizando acompanhamento desde os conhecimentos matemáticos de nível médio. A disciplina de CDI I está contemplada em 91 dos 110 cursos de graduação (85%) e a de CDI II em 72 dos 110 cursos de graduação (65%) ofertados nos 13 Campi da UTFPR (dados de 2018), incluindo nesta busca cursos de licenciatura, tecnologias e engenharias. A Tabela 1 apresenta os índices de reprovação nestas disciplinas nos cursos de Engenharia nos últimos cinco anos, incluindo as turmas de reofertas. Nos dados de reprovação, considerou-se reprovação por nota e por frequência.

Tabela 1 - Reprovação em Cálculo I e II nos Cursos de Engenharia da UTFPR: Campus Ponta Grossa

Período	Alunos Matriculados CDI I	Alunos Reprovados CDI I	% reprovação CDI I	Alunos Matriculados CDI II	Alunos Reprovados CDI II	% reprovação CDI II
2014/01	272	174	63,97%	181	83	45,85%
2014/02	393	290	73,79%	195	68	34,87%
2015/01	400	254	63,5%	193	80	41,45%
2015/02	392	272	69,38%	206	84	40,77%
2016/01	376	153	40,69%	166	73	43,97%
2016/02	339	235	69,32%	186	75	40,32%
2017/01	303	196	64,68%	190	87	45,78%
2017/02	338	204	60,35%	146	46	31,50%
2018/01	430	234	54,41%	211	80	37,91%
2018/02	394	234	59,39%	205	79	38,53%
TOTAL	3637	2246	61,75%	1879	755	40,18%

Fonte: elaborado pela autora com dados do Relatório Analítico de Gestão (2018)

Observa-se na Tabela 1 altos índices de reprovação em ambas as disciplinas, sendo a média de reprovação em CDI I nestes cinco anos de 61,75% e em CDI II de 40,18%.

Oliveira e Raad (2012) afirmam que a reprovação se constitui num problema crônico, uma verdadeira tradição, mesmo com o uso de bons livros, da didática do docente, do aumento do número de aulas e da busca por aulas mais aplicadas. Os autores avaliam que a diminuição dos índices de reprovação se relaciona “com a renovação do corpo docente e a crescente participação de educadores matemáticos nos cursos de formação de professores.” (OLIVEIRA; RAAD, 2012, p. 125).

Outra situação encontrada nas leituras diz respeito à insuficiência de

conhecimentos necessários na estrutura cognitiva dos alunos para um bom desempenho na disciplina de Matemática, como relata Rehfeldt *et al.* (2012) em seu estudo.

Certamente as hipóteses mencionadas são relevantes e precisam ser consideradas, porém outras variáveis que até o momento não foram abordadas também merecem atenção, estudo e análise.

Além da pesquisa se justificar pelo alto índice de reprovação nas disciplinas matemáticas, outro fator importante que incentiva o desenvolvimento da mesma é a necessidade de se conhecer e refletir sobre o desempenho acadêmico, verificando diferenças no comportamento ocular dos alunos de Engenharia com melhor e pior desempenho durante a resolução de problemas matemáticos.

Uma pesquisa na área matemática com o uso de um rastreador ocular pode também trazer contribuições acadêmicas, além de mapear aos professores possíveis pontos de interesse que chamam mais a atenção dos alunos durante a leitura de problemas matemáticos. Acredita-se que, quanto mais informação se tiver sobre os alunos e seu desempenho nas disciplinas, mais o professor tem possibilidade de auxiliar os alunos com dificuldades.

Outra lacuna existente reside no fato de que, no banco de teses da Capes, não há na literatura acadêmica trabalho que já tenha analisado o correlacionamento do desempenho nas disciplinas de CDI I e CDI II, considerando os movimentos oculares dos alunos de engenharia ao resolver problemas matemáticos. Partindo disso é que se propôs o presente estudo.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A tese está estruturada em seis capítulos.

O item 2 compõe a revisão sistemática de literatura e traz os conceitos básicos relacionados ao tema: processo ensino-aprendizagem na universidade, processo ensino-aprendizagem na engenharia, ensino da matemática no ensino superior, processo ensino-aprendizagem da matemática na engenharia e processo ensino-aprendizagem por meio de movimentos oculares.

O item 3 apresenta os procedimentos metodológicos utilizados para a

realização do trabalho e para alcançar os objetivos.

O item 4 traz a análise, resultados e discussão dos dados. É o local onde os resultados são apresentados, e as análises são realizadas.

O item 5 apresenta o produto educacional e as considerações finais constam no item 6.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM

Visando contextualizar o processo ensino-aprendizagem proposto neste trabalho, é necessário entender primeiramente os conceitos que envolvem o tema.

2.1.1 Aprendizagem

O conceito inicial de aprendizagem surgiu na Psicologia (GIUSTA, 2013), durante investigações empíricas, acreditando-se que o conhecimento surge a partir da experiência, externo ao indivíduo, o qual é considerado como “tábula rasa” a ser preenchido, cuja visão foi modificada em meados de 1920 quando “Piaget afirmou que a mente humana jovem se definia por estruturas cognitivas complexas” (BRANSFORD; BROWN; COCKING, 2007, p. 114). Piaget (1973) observou detalhada e cuidadosamente os bebês e crianças, concluindo que o desenvolvimento cognitivo acontece em diferentes estágios e cada um deles envolve um esquema cognitivo bem diferente.

Quando a aprendizagem surgiu, foi considerada como processo exclusivo ao espaço escolar, ao adquirir e memorizar informações mecânicas transmitidas pelos professores. Com a evolução da sociedade, este modelo de aprendizagem está atualmente ultrapassado, pois não atende as necessidades atuais e sua demanda escolar.

Surge então a necessidade de se discutir aprendizagem a partir do funcionamento cerebral, verificando a construção do conhecimento a partir de um ser biológico.

Maturana (1998, p. 32) considera que:

A aprendizagem é o caminho da mudança estrutural que segue o organismo (incluindo seu sistema nervoso) em congruência com as mudanças estruturais do meio como resultado da recíproca seleção estrutural que se produz entre ele e este, durante a recorrência de suas interações, com conservação de suas respectivas identidades.

Para Pozo (2002, p. 59), “o conceito de aprendizagem é mais uma categoria natural do que um conceito bem definido”, não possuindo um conceito fechado, pois participa da incerteza ou indeterminação do conhecimento. Pozo (2002) prefere diferenciar as situações que envolvem aprendizagem das que não a requerem, afinal em qualquer atividade ou comportamento humano ocorre aprendizagem em maior ou menor dose.

Para conseguir melhores aprendizes, Pozo (2002, p. 60) sugere três características prototípicas da boa aprendizagem: deve produzir mudanças duradouras, o ser humano deve conseguir utilizar o que aprende em outras situações e a prática deve adequar-se ao que se tem de aprender.

O processo de aprendizagem tem início muito cedo (desde o nascimento), com uma compreensão sofisticada das crianças na educação infantil sobre os fenômenos ao seu redor, compreensão que nem sempre está correta. Quando é correta, fornece a base para a construção de um conhecimento novo e quando incorreta, a criança precisará da intervenção de alguém para que compreenda.

A criança inicia sua aprendizagem normalmente por automotivação ou por auto direcionamento, pelas pessoas que estão em contato diário com elas (pais, babás, avós, professores), além de aprender por meio de televisão, livros e diversos instrumentos tecnológicos. Com o passar do tempo, a criança se torna capaz de aprender por meio do próprio esforço e vontade, apresentando uma “competência estratégica e um conhecimento metacognitivo inesperados” (BRANSFORD *et al.*, 2007, p. 132).

A criança é capaz de aprender ativamente, fixar objetos, planejar e realizar correções, o que leva a crer que o desenvolvimento cognitivo permeia a obtenção progressiva de como lembrar, compreender e solucionar problemas. Com o amadurecimento, as crianças concebem diversas teorias da mente e da inteligência, pois nem todos ingressam no ambiente escolar prontos para aprender da mesma forma. Há mais de um modo de aprender, de ser “inteligente”. “O entendimento de que existem inteligências múltiplas pode indicar maneiras de ajudar as crianças a aprender, favorecendo seus pontos fortes e trabalhando seus pontos fracos” (BRANSFORD; BROWN; COCKING, 2007, p. 117).

Para Demo (2004, p. 60), a aprendizagem é definida como um processo “dinâmico, complexo não linear, de teor autopoietico, hermenêutico, tipicamente interpretativo, fundado na condição de sujeito que participa desconstruindo e

reconstruindo conhecimento”. A desconstrução e reconstrução do conhecimento originam o processo de aprendizagem.

Nem sempre a aprendizagem do ser humano acontece naturalmente, às vezes ela falha, pois o ser humano tem dificuldades para adquirir todas as habilidades que gostaria de dominar (entendimento de computador, hidráulica, elétrica, entender um texto, falar outra língua, entre outros), para recordar informações que deveria saber (senhas, endereços, datas de aniversário) ou para compreender essa mesma informação (porque os alunos não aprendem sozinhos o que ensinamos, a fórmula e ao mesmo tempo a inflação que encarece um financiamento) (POZO, 2002). A aprendizagem acontece em variados conteúdos e contextos, diferindo em aspectos essenciais, o que demonstra a dificuldade em aprender tudo o que precisamos para o nosso cotidiano, seja na escola ou na vida pessoal.

Pozo (2002, p. 17) complementa que “muitos aprendizes estão conscientes de que não aprendem como deveriam. Também aumenta a consciência, por parte dos que ensinam de que seus esforços não obtêm o sucesso desejado”, o que aumenta a demanda de atividades para aprender a aprender, pois em situações cotidianas, há muitas limitações no domínio de instrumentos por não aprender com eficiência a partir de manuais que as tecnologias apresentam ou a partir da formação recebida.

Seria simples colocar a culpa das dificuldades de aprendizagem em quem aprende e ensina, ao afirmar que alguém não se esforça o suficiente, que não quer aprender, não domina o conteúdo ou não sabe explicar. Entretanto, é uma discussão sem dúvida muito mais complexa. A dificuldade do ser humano em dominar tecnologias e objetos que o rodeia ocorre porque estes não foram projetados e pensados para alguém limitado em recursos e capacidades, o que também pode estar acontecendo com a aprendizagem e instrução, demonstrando que nem sempre os processos são pensados em quem vai aprender e quem vai ensinar. Entender o funcionamento da aprendizagem como um processo psicológico, pode auxiliar na compreensão e a superar algumas dificuldades, “adaptando as atividades de instrução aos recursos, capacidades e disposições, sempre limitados, tanto de quem aprende como de quem tem de ensinar, quer dizer, ajudar os outros a aprender” (POZO, 2002, p. 17).

A experiência representa uma etapa imprescindível na aprendizagem, onde

o “desenvolvimento não é apenas o desdobramento de padrões programados” (BRANSFORD; BROWN; COCKING, 2007, p. 169). A aprendizagem é ampliada pela prática e os autores acreditam que o cérebro altera sua estrutura quando há aprendizagem, sendo ele um cérebro em desenvolvimento ou já maduro.

Partindo da aprendizagem global e indispensável ao ser humano, pois tudo envolve aprendizagem desde o nascimento, um desdobramento importante a ser discutido é a aprendizagem escolar, visto que é nela que a aprendizagem formal começa a ser percebida e acompanhada. Há uma intenção de que todas as crianças frequentem a escola e recebam essa aprendizagem no Brasil, pois a escola é um dos meios incentivadores e facilitadores do desenvolvimento da aprendizagem.

Para complementar o processo de aprendizagem social, a aprendizagem escolar tem importante papel nesta dimensão. Pozo (2002) considera que o maior responsável pela aprendizagem escolar é o próprio aluno, à medida que é exposto à informação, emite sua opinião e transforma a compreensão em sabedoria. Entretanto, o docente tem papel essencial na aprendizagem durante a orientação dos alunos no processo educacional.

É possível admitir que o potencial de aprendizagem de um aluno depende da capacidade cerebral de processar as informações com a possibilidade de interação com o meio social, onde convive em um processo pedagógico proporcionado pelo docente.

De acordo com Linsingen *et al.* (1999, p. 171), a aprendizagem escolar é uma “experiência individual, estimulada e favorecida pelo ambiente”, dependendo novamente do aluno para sua efetivação. Cada indivíduo aprende de um modo específico e, na maioria das vezes, único. De acordo com os autores, a dificuldade no processo de aprendizagem diz respeito ao que deve, de fato, ser aprendido. Nesse sentido, é extremamente importante que o bom professor oriente o aluno, separando o essencial do complementar, demonstrando o que de fato é necessário, pois a quantidade de informação disponível é enorme.

Linsingen *et al.* (1999, p. 172) complementam que “trabalhando o conhecimento e as informações, passa a haver por parte do aluno um entendimento”, o qual, ao ser amadurecido e relacionado com outros conhecimentos que o aluno já possua de outros assuntos, pode resultar na compreensão.

O desenvolvimento de qualidades individuais dos alunos é também um aspecto pertencente à aprendizagem, como desenvolver técnicas de estudo, praticar

leituras e esportes, conviver em grupo e socializar com outras culturas, assim como outras atividades diversificadas.

A partir da compreensão e do conhecimento do assunto com maior profundidade, o aluno é capaz de emitir sua própria opinião. “A etapa que consiste em transformar a compreensão em sabedoria é a que requer maior dedicação e tempo” (LINSINGEN *et al.*, 1999, p. 172), mas nem sempre os docentes se beneficiam desta etapa final do processo de aprendizagem porque acabam ficando mais focados no resultado final do que na real compreensão do assunto.

Novos estudos e entendimentos da aprendizagem direcionam para a necessidade de auxiliar as pessoas a assumir o controle da própria aprendizagem (POZO, 2002). Ao considerar o entendimento como item importante para a aprendizagem, as pessoas precisam detectar quando entendem e quando precisam de mais informações, utilizando-se da abordagem metacognitiva (capacidade de presunção do desempenho pessoal pelo próprio ser humano e identificar o que domina e compreende). Nesta abordagem faz parte da aprendizagem “a criação de sentido, a autoavaliação e a reflexão sobre o que funciona e o que precisa ser melhorado” (BRANSFORD; BROWN; COCKING, 2007, p. 30).

A abordagem metacognitiva considera que essa aprendizagem tem consequências para o ensino e preparo do professor, sugerindo que “os professores devem extrair a compreensão preexistente trazida pelos alunos e trabalhar com ela” (BRANSFORD; BROWN; COCKING, 2007, p. 38). Neste modelo, o aluno como recipiente vazio não existe mais e sim um professor que consiga ativar o pensamento dos alunos, a avaliação deve ser expandida além do conceito tradicional de provas, revelando a compreensão no lugar de decorebas e o professor iniciante deve ter oportunidade para aprender a identificar ideias preconcebidas que possam ser um obstáculo na aprendizagem de um conteúdo, retirar ideias preconcebidas não previsíveis e trabalhar com elas.

Outro aspecto importante diz respeito à necessidade de um ambiente incentivador e convidativo para a aprendizagem. As escolas e salas de aula devem estar centradas no aprendiz para aperfeiçoar a aprendizagem, onde o docente reconhece o conhecimento, habilidades e atitudes que os alunos trazem para a sala de aula, além de perceber o progresso individual de cada aluno e idealizar tarefas apropriadas, apresentando “dificuldades manejáveis, isto é, desafiadoras o suficiente para manter o envolvimento, mas não tão difíceis a ponto de desencorajá-los”

(BRANSFORD; BROWN; COCKING, 2007, p. 43).

Bransford, Brown e Cocking (2007, p. 39) propõem que “os professores devem ensinar algum assunto em profundidade, fornecendo muitos exemplos em que o mesmo conceito está em ação e proporcionando uma base sólida de conhecimento factual”, além de sugerir que deve haver uma integração curricular em diversas áreas temáticas no ensino de habilidades metacognitivas. Para funcionar efetivamente, precisam ser desenvolvidas habitualmente em sala de aula.

Para isso, Linsingen *et al.* (1999) não subestimam a importância de trabalhos em grupo, nos quais os alunos são expostos a estímulos e situações problemas que os ativem intelectualmente, mesmo sabendo que a atividade reflexiva é o que fornece o amadurecimento e, portanto, a aprendizagem. Desta forma, também é importante que a escola e os docentes proporcionem ocasiões e ambientes favoráveis para as atividades em grupo.

As perspectivas que envolvem a aprendizagem estão interligadas e precisam se apoiar como um sistema que se inter-relaciona em todos os ambientes: centrado no aprendiz, na comunidade, no conhecimento e na avaliação (BRANSFORD; BROWN; COCKING, 2007, p. 177).

Os ambientes centrados no aprendiz são aqueles que consideram importantes o conhecimento, habilidades, atitudes e crenças. Os docentes (conscientes de que os alunos constroem os próprios significados a partir das práticas culturais, entendimentos e crenças) aproveitam a formação do conhecimento cultural e conceitual que os alunos trazem ao ambiente escolar, como um ensino por diagnóstico, além de respeitar as práticas linguísticas a fim que suas experiências e interpretações prévias possam auxiliar na produção de novos conhecimentos.

Nem sempre os ambientes centrados no aprendiz (de modo isolado) auxiliam no processo de aprendizagem. Os ambientes centrados no conhecimento cruzam com os ambientes centrados no aprendiz e auxiliam na instrução, através de recursos que propiciem a compreensão, considerando o conhecimento prévio dos alunos. Auxilia os alunos a se tornarem metacognitivos, pois orienta o aluno a perguntar e tirar dúvidas, sempre que não compreende algo, incentivando a “investigar, explicar, ampliar e avaliar seu progresso” (BRANSFORD; BROWN; COCKING, 2007, p. 184). Bransford, Brown e Cocking (2007) salientam que nos ambientes centrados no conhecimento é preciso equilibrar as atividades voltadas à

compreensão com as que visam automatizar as habilidades precisas para aprender com eficiência, sem ter de se esforçar para situações que já devem estar dominadas, como ler, escrever e calcular.

Além de estar centrado no aprendiz e no conhecimento, estar centrado na avaliação é de extrema necessidade visto que ela oportuniza uma análise e revisão se os objetivos de aprendizagem previstos aos alunos foram atingidos. A comunidade é importante nesse processo porque o aluno passa grande parte de seu tempo fora da escola. O que ele aprende na comunidade (televisão, internet, pessoas, família) proporciona recursos de aprendizagem. Além disso, a aprendizagem em família é essencial, pois atitudes e valores serão construídos neste ambiente. Outras instituições que a criança participa na comunidade também podem fomentar a aprendizagem.

As quatro perspectivas devem ser alinhadas a fim de acelerar o processo de aprendizagem, no interior ou exterior escolar. Com a mudança constante das expectativas e objetivos da educação escolar, é necessário retomar questionamentos pertinentes como: o que e como é ensinado e como isso é avaliado.

Para compreender o processo de aprendizagem dos alunos de modo mais amplo, Bransford, Brown e Cocking (2007, p. 295) sugerem que é necessário compreender e considerar seis áreas:

o papel do conhecimento prévio, a plasticidade e as questões afins da experiência prévia no desenvolvimento cerebral, a aprendizagem como processo ativo, a aprendizagem associada à compreensão, a competência adaptativa e a aprendizagem como empenho que demanda tempo.

As crianças nascem prontas para aprender a partir da interação com as pessoas e com o ambiente. A mente é desenvolvida nesse processo, onde o cérebro é um órgão dinâmico, construído pela vivência e por tudo o que uma pessoa faz e aprende.

Os professores possuem um papel essencial na aprendizagem, que não inicia do vazio. Inicia a partir de uma compreensão já existente, tomada como ponto de partida. O conhecimento prévio é fundamental para a aprendizagem complexa que vem na sequência do desenvolvimento. O docente pode auxiliar o discente a partilhar sua compreensão, corrigindo as concepções incorretas e avançando cada

vez mais no conteúdo. O aluno tem a capacidade de se adaptar às novas informações, incorporando ao que já possui e compreendendo o assunto. Mas para se obter um desempenho competente, é preciso dar o tempo necessário para que o aluno domine e exercite o assunto, a fim de aprender para ser capaz de transportar o que aprendeu para novas situações. Quanto mais o aluno domina o assunto, fica mais fácil apreender novos conhecimentos.

Pozo (2002, p. 264) complementa que para que os alunos se ajustem às novas demandas de aprendizagem, é preciso mudar “a forma como lhes ensinamos e definimos suas tarefas de aprendizagem”, alterando progressivamente o ambiente, a cultura de aprendizagem todos os dias, assim como em longo prazo.

De modo geral, a sociedade espera que as pessoas formadas pelos sistemas escolares estejam aptas a perceber e solucionar os problemas, contribuindo para a sociedade durante toda a vida. Mas, para isso, é preciso que os envolvidos no processo educacional pensem ou repensem a respeito do que é ensinado, a forma como é ensinado e o modo de se avaliar a aprendizagem. Além disso, é importante refletir sobre o processo de ensino, que está diretamente atrelado ao processo de aprendizagem. É preciso conscientizar alunos e professores das dificuldades enfrentadas e dos caminhos possíveis para superá-las. Mesmo que o objetivo maior seja tornar a aprendizagem mais eficaz, isso só ocorrerá com a melhoria no ensino.

2.1.2 Ensino

Predomina entre os docentes uma concepção de ensino de transmissão de conhecimentos ao considerar o aluno como tábula rasa (SCNETZLER, 1992), sendo o professor o agente ativo no processo, pois prevalece sua fala em sala de aula enquanto os alunos devem internalizar e reproduzir o conhecimento transmitido passivamente nas avaliações solicitadas. A educação tradicional valoriza a memorização e o domínio do texto de modo fragmentado.

Essa concepção de transmissão de conhecimentos precisa ser superada nos tempos atuais pelo protagonista do processo de ensino: o professor, que, para ensinar, precisa estar motivado a desafiar seus alunos e incentivá-los cada vez mais a buscar outros conhecimentos. A responsabilidade é imensa ao estar em uma sala

de aula, pois a educação possibilita o crescimento, enxergar o mundo e suas possibilidades e a sair da realidade dominada. Pesquisas realizadas atualmente (FROTA, 2010; SHULMAN, 2015; CANDAU, 2014b) indicam aos professores funções totalmente diferentes das que exerciam no passado.

No processo educacional surgem padrões consistentes que indicam o estilo de ensino do professor (HARLEY; OSBORNE, 1985) nas metodologias propostas em sala de aula e nas interações com seus alunos. Neste estilo de ensino, o professor manifesta sua concepção de educação, conhecimento e aprendizagem a partir do modo de ensinar. Todos os momentos e interações que envolvem a sala de aula, organização do conteúdo, tarefas, avaliações devem considerar as concepções do professor a fim de não colocar em prática um estilo de ensino diferente do pretendido inicialmente e inadequado para que a aprendizagem ocorra.

Ensinar é criar condições para que os alunos construam seus conhecimentos conscientemente, de forma crítica, visando desenvolver a autonomia, raciocínio, reflexão e discussão de conceitos. Freire (1987) ressalta a importância do professor mediador no ato de ensinar nos dias atuais, pois para o autor não há docência sem discência. Para que o cotidiano educacional tenha um bom desenvolvimento, é necessária esta relação de troca entre aluno e professor. Além da mediação, ensinar exige pesquisa para que o docente auxilie na construção de significados e pesquisa por parte dos alunos para que possam compreender esses sentidos e significados.

De um modo geral e particular no ato do ensino, o aluno precisa ter liberdade, estímulo e motivação, autodesenvolvimento e exercício da criatividade. De acordo com Linsingen *et al.* (1999), cada uma destas necessidades conduz às outras, gerando um movimento constante. O autor cita como exemplo a liberdade do aluno, que ocorre quando há disponibilidade de tempo para si mesmo e leva ao autodesenvolvimento.

No ensino, “o professor deve ser o agente motivador que, quando desempenha adequadamente o seu papel, estimula o aluno para que este cresça individualmente e aprenda por si próprio” (LINSINGEN *et al.*, 1999, p. 171).

Ferreira e Frota (2002) compreendem que para que o ensino seja um ato de conhecimento, é imprescindível haver uma relação dinâmica de verdadeiro diálogo sobre o conteúdo a ser aprendido. “Aprender é um ato de conhecimento da realidade concreta, isto é, de uma situação real vivida pelo educando, e só tem

sentido se resulta de uma aproximação crítica dessa realidade.” (FERREIRA; FROTA, 2002, p. 7).

Bransford, Brown e Cocking (2007) demonstram em pesquisas em vários campos (história, matemática, xadrez, física e eletrônica) diferenças no modo como principiantes (estudantes competentes de curso superior) e especialistas (pessoas que já dedicaram mais tempo ao conhecimento e experiência de determinado assunto) organizam o conhecimento a fim de ensinar. Quando há desenvolvimento de competência em determinadas áreas, é possível que a pessoa raciocine com eficiência sobre problemas nessas áreas. Não são apenas a memória e a inteligência, nem o uso de estratégias gerais que diferenciam os principiantes dos especialistas. Bransford, Brown e Cocking (2007, p. 51) acreditam que os especialistas “adquiriram um conhecimento extenso, que afeta o que percebem e como organizam, representam e interpretam as informações no seu ambiente”, o que influencia a capacidade de lembrar-se dos conteúdos, raciocinar e resolver problemas.

Durante o ensino, os especialistas percebem características e padrões significativos de informação porque já adquiriram muito conhecimento de conteúdo (compreensão profunda dos assuntos), o conhecimento é “condicionalizado” (termo usado por cientistas cognitivos) à sua aplicabilidade, possuem a capacidade de recuperação automática, entretanto nem sempre um especialista é capaz de ensinar a outros alunos, mesmo que tenha sido o melhor aluno na disciplina. O conhecimento “condicionalizado” é aquele que é sempre ativado, relevante e útil para o contexto da aprendizagem.

Bransford, Brown e Cocking (2007) perceberam nas pesquisas sobre competências que os especialistas notam características e padrões que os principiantes não observam, o que demonstra a necessidade de melhorar a instrução, assim como proporcionar experiências de aprendizagem que aumentem as capacidades de identificar padrões significativos de informações e de resolver problemas similares aos que resolveram em sala de aula.

O conhecimento dos especialistas se organiza ao redor de conceitos essenciais que guiam o seu raciocínio durante a resolução de um problema, o que demonstra que os currículos devem ser organizados de modo a compreender os conceitos, enquanto que os principiantes tendem à memorização, recordação e manipulação de equações para obter respostas.

Shulman (2015) salienta que um bom professor precisa de conhecimento pedagógico (modo como ensinar disciplinas específicas), no qual as estratégias de ensino variam de uma disciplina a outra no lugar de dominar somente um conteúdo específico. Normalmente os professores experientes conhecem a estrutura do conhecimento em sua disciplina, o que possibilita com maior facilidade a detecção de roteiros cognitivos para orientar o desenvolvimento das atividades cotidianas dos alunos e utilizar o conhecimento prévio, conseguindo avaliar o progresso discente, ou seja, há uma interação do conhecimento da disciplina com o pedagógico, pois somente o conhecimento da disciplina não basta ao professor.

Disciplinas diferentes, com organizações diferentes requerem métodos de inquirição diferentes, assim como avaliações. Para propor novos métodos de ensino, é preciso envolver os estudantes em diferentes tarefas a fim de formar uma base de conhecimento sólido no domínio de cada disciplina.

A ênfase na interação do conhecimento pedagógico com o disciplinar, de acordo com Bransford, Brown e Cocking (2007, p. 204), “contradiz diretamente os equívocos comuns sobre o que os professores precisam saber a fim de idealizar ambientes de aprendizagem eficazes para seus alunos”. Alguns desses equívocos dizem respeito a acreditar que o bom professor pode ensinar qualquer disciplina, ou que conhecer a matéria já é suficiente.

Darling-Hammond (1997) salienta que esse professor que seja capaz de preparar um grupo cada vez mais diverso de alunos a serem desafiadores ao estruturar problemas, encontrar, associar e resumir informações, criar novas soluções, aprender sozinhos e trabalhar colaborativamente, precisa de mais conhecimentos e habilidades muito diferentes do que a maioria dos docentes possui e que a maioria das escolas desenvolve atualmente.

Os professores continuam a aprender a ensinar em diversas situações. Bransford, Brown e Cocking (2007) consideram que os professores aprendem primeiramente com a própria prática, depois interagindo com outros professores, com orientação formal ou informal e ainda com educadores de professores em suas escolas, a partir de programas de estágio ou cursos específicos de aperfeiçoamento. Além disso, é possível que o professor ensine a partir do que aprende ao fazer uma pós-graduação, além de aprender também na comunidade. Nem sempre há investimento para o desenvolvimento continuado do professor, o que também gera uma pouca demanda.

Para conseguirem ensinar de modo pertinente às novas teorias de aprendizagem, necessitam obter acesso a variadas oportunidades de aprender, pois os professores precisam aprender para conseguir ensinar. Muitas oportunidades de aprendizagem ao professor não consideram as perspectivas de centrar no aprendiz, na avaliação, no conhecimento e na comunidade. Além disso, carecem de objetivos de aprendizagem bem estabelecidos pelas novas aptidões, de conceitos de como o ser humano aprende baseados na teoria e no currículo acadêmico exigidas ao professor.

Ainda, os programas que deviam preparar os profissionais para ensinar falham em sua função, pois há uma grande distância entre o que é ensinado na universidade e o que ocorre nas salas de aula, causando rejeição de teorias educacionais e de “adaptação” à experiência efetiva adquirida em sala de aula. Mesmo incentivados a utilizar abordagens centradas no aluno, o professor principiante na maioria das vezes, recorre ao ensino tradicional utilizado na universidade e pelos seus colegas, pois são influenciados pelos métodos já existentes no início de sua carreira educacional.

Pozo (2002, p. 264) salienta o papel essencial do professor no processo cotidiano que “deve ser quem primeiro pensa e se conscientiza das dificuldades de aprendizagem... quem constrói os andaimes a partir dos quais se edificarão os conhecimentos dos alunos, é o mediador do processo de aprendizagem”.

O ensino de sucesso requer esforços mútuos desde a formação universitária e continuando durante o desenvolvimento profissional. É um grande desafio, mas não impossível.

Ainda ocorre muita aprendizagem sem ensino e ensino sem aprendizagem, embora aprender e ensinar sejam dois verbos que tendem a andar juntos, mesmo que nem sempre seja assim.

2.1.3 Processo Ensino-Aprendizagem

Historicamente, o processo ensino-aprendizagem já teve diversas caracterizações e tendências, indo desde a ênfase no papel do professor como transmissor de conhecimento até concepções atuais que consideram o processo ensino-aprendizagem integralmente, enfatizando o papel do educando

(FERNÁNDEZ, 1998).

No caso das concepções atuais, considera-se integrar o cognitivo com o afetivo, o instrutivo com o educativo a fim de atingir condições psicológicas e pedagógicas extremamente importantes. Fernández (1998) defende que o processo ensino-aprendizagem é uma integração dialética entre o instrutivo e o educativo, com o objetivo primordial de formar integralmente a personalidade do aluno.

O instrutivo visa formar cidadãos capazes de enfrentar, buscar soluções e resolver problemas, com a utilização de atividades lógicas para as quais deverá ser formado. Já o educativo visa à formação de valores, sentimentos que identifiquem o cidadão como ser social, envolvendo aspectos afetivos e cognitivos.

Candau (2014a) considera que o processo ensino-aprendizagem envolve três dimensões: Técnica, humana e político-social. Nesta crença, “a competência técnica e o compromisso político se exigem mutuamente e se interpenetram. Não é possível dissociar um do outro” (CANDAU, 2014a, p. 15), sendo necessário que este processo surja de uma prática pedagógica concreta.

O processo ensino-aprendizagem está sempre presente no relacionamento humano, de modo direto ou indireto. Na dimensão humana, o centro do processo é a relação interpessoal, que origina uma concepção “subjéctiva, individualista e afectiva do processo de ensino-aprendizagem” (CANDAU, 2014b, p. 14). Envolve a afetividade, normalmente presente no processo ensino-aprendizagem.

Em relação à dimensão técnica, refere-se ao processo ensino-aprendizagem como “ação intencional, sistemática, que procura organizar as condições que melhor propiciem a aprendizagem. Aspectos como objetivos instrucionais, seleção do conteúdo, estratégias de ensino, avaliação constituem seu núcleo de preocupações” (CANDAU, 2014b, p. 15). Esta dimensão é considerada a parcela objectiva e racional do processo, neutra, que se for separada da dimensão humana e político-social restringe-se ao tecnicismo, vista como instrumental do “fazer”.

A dimensão político-social é inerente ao processo ensino-aprendizagem, de acordo com a cultura específica de pessoas reais que já possuem uma posição determinada no meio social em que vivem. Essa dimensão não é um aspecto do processo ensino-aprendizagem, mas “impregna toda a prática pedagógica que, querendo ou não (não se trata de uma decisão voluntária), possui em si uma dimensão político-social” (CANDAU, 2014b, p. 16).

Entretanto, percebe-se que não é tão simples a aceitação por parte dos

docentes das dimensões do processo de ensino-aprendizagem, pois não é fácil superar uma visão reducionista e fragmentada e articular as três dimensões.

Pimenta e Anastasiou (2008, p. 205) argumentam que o processo ensino-aprendizagem deriva de “uma prática social, efetivada pela interação entre os sujeitos, alunos e professor, tanto na ação de ensinar quanto na de aprender”.

Martins (2002) complementa que a relação professor-aluno é fundamental no processo de ensino, estando ligado diretamente à organização da instituição escolar. Essa relação assume diferentes significados, de acordo com a teoria da educação assumida (Escola Tradicional, Nova, Tecnológica). Conforme a autora, cada teoria da educação cria um “todo organizado consistente e coerente que dá sentido aos elementos do processo de ensino que as compõe” (MARTINS, 2002, p. 49).

Desta forma, a relação entre alunos e docentes é essencial para o processo de ensino e aprendizagem, os quais são indissociáveis. Portanto, o professor deve buscar alternativas para que o aluno torne-se, também, agente ativo desse processo (SANTOS, 2001; PIMENTA e ANASTASIOU, 2008).

O processo ensino-aprendizagem envolve o desenvolvimento cognitivo. Um dos principais estudiosos foi Jean Piaget (1896-1980), biólogo e filósofo suíço, que se preocupou em estudar de que modo as estruturas mentais de um bebê evoluem a estruturas de uma inteligência adolescente, quando o conhecimento é formalizado. Para Piaget (1973) a experiência é um fator fundamental na construção do conhecimento e é por meio da interação de fatores internos e externos que acontecem o desenvolvimento e a formação do conhecimento. Segundo Munari (2010, p. 28), a inteligência é uma adaptação, sendo preciso determinar as relações existentes entre o organismo e o meio ambiente para assimilar as relações com a vida em geral. Na década de 70, Piaget influenciou na “ascensão do cognitivismo e declínio do behaviorismo, em termos de influência no ensino/aprendizagem e na pesquisa nessa área” (MOREIRA, 1999, p. 95).

Piaget (1973) afirma que o pensamento é a base para a aprendizagem e é através dele que a inteligência se revela. A inteligência é “um fenômeno biológico, condicionado pela base neuronal do cérebro e do corpo inteiro, e sujeito ao processo de maturação do organismo” (MONTROYA, 2009). A inteligência desenvolve uma estrutura e um funcionamento, sendo que o próprio funcionamento vai modificando a estrutura. Isso demonstra que a estrutura é um processo contínuo de construção, a

qual ocorre na interação e adaptação com o meio ambiente.

Para Piaget (1973), a aprendizagem ocorre em ação, quando o sujeito age sobre os objetos e sofre as influências desta ação sobre si mesmo, ou seja, ocorre por meio de dois movimentos simultâneos e integrados, mas em sentido oposto: a assimilação e a acomodação, os quais produzem os 'esquemas' (objeto de conhecimento), produzidos pelo ser humano durante o processo de maturação do cérebro definidos como moldes mentais, no qual a pessoa coloca suas experiências.

Myers (2006) caracteriza 'esquemas' como estruturas ou conceitos usados para interpretar e organizar as informações recebidas. A criança desenvolve os 'esquemas' simples durante o processo de aprendizagem e, à medida que vai crescendo, tornam-se mais complexos. Já um adulto possui muitos 'esquemas' desenvolvidos, tanto no pensamento concreto quanto no abstrato.

A assimilação representa a expectativa de a pessoa resolver uma determinada situação, partindo da estrutura cognitiva que já possui naquele momento específico de seu desenvolvimento. Por exemplo, domina o 'esquema de gato', o qual será detalhado a seguir.

Durante o processo de assimilação, a mente assimila o mundo externo, experimentando novidades com a atual capacidade de compreensão (esquema), por meio de um progresso de percepção, interpretação, assimilação da sua própria estrutura. Ou seja, o ser humano incorpora novas informações aos 'esquemas' existentes. Por exemplo, ao dominar o 'esquema' gato, uma criança pode chamar todos os animais de quatro patas de gato (MYERS, 2006; GROSS, 2005).

Quando a criança pode enfrentar as novas experiências usando apenas assimilação, surge uma fase de equilíbrio. Mas quando não é suficiente para resolver a situação, se produz um desequilíbrio. De acordo com Gross (2005), para recuperar o equilíbrio e adaptar os 'esquemas' à nova experiência, utiliza-se a acomodação, que é a capacidade de modificar a estrutura cognitiva já existente para dominar um novo 'esquema'. No caso da criança que visualiza um cão e chama de gato, e que alguém explicou a ela que não é um gato e sim um cachorro, ela aprendeu que o esquema 'gato' não se aplica aos cães e que precisa de um novo 'esquema' (MYERS, 2006; GROSS, 2005).

Os 'esquemas' são desenvolvidos pela estimulação que o ambiente exerce sobre o organismo. É através da interação com o ambiente que a criança está se armando e modificando 'esquemas' (MYERS, 2006). Assim, o indivíduo que cresce

num ambiente cheio de estímulos desenvolverá mais ativamente seus 'esquemas'.

Pela acomodação, o organismo transforma sua própria estrutura para adequar-se à natureza dos objetos que serão apreendidos. Por meio da acomodação, a mente aceita as imposições da realidade, como no caso de aceitar que um cão não é um gato somente por ter quatro patas.

Munari (2010) conclui que a assimilação e a acomodação são, no início, antagônicas, pois a assimilação permanece egocêntrica e a acomodação é imposta pelo meio exterior. Elas "complementam-se uma à outra à medida que se diferenciam, e a coordenação dos esquemas favorece reciprocamente o desenvolvimento da acomodação" (MUNARI, 2010, p. 44). Partindo disso, é que a inteligência prevê a junção cada vez mais próxima da experiência com a dedução desde o período sensório motor.

Piaget (1973) distingue etapas sucessivas no desenvolvimento da inteligência, definindo quatro períodos gerais de desenvolvimento cognitivo: sensório-motor, pré-operacional, operacional-concreto, operacional-formal.

No período sensório motor, não há consciência do "eu" particular, "nem de uma fronteira estável entre dados do mundo interior e do universo externo" (MUNARI, 2010, p. 133), fase que dura até o momento da construção do "eu". É um período que vai desde o nascimento até dois anos de vida, no qual as crianças desenvolvem a capacidade de reconhecer a existência de um mundo externo a elas, tendo autonomia para explorá-lo e construir sua percepção de mundo.

O período pré-operatório vai dos dois até sete anos aproximadamente, e é marcado pelo surgimento da linguagem, cujo desenvolvimento depende do desenvolvimento da inteligência. É uma fase egocêntrica, na qual há ainda ausência de esquemas conceituais e da lógica.

No período operacional-concreto (7 a 11,12 anos), a criança percebe outras pessoas e surge a capacidade de interiorizar as ações, realizando operações mentais. A criança estabelece relações, integrando-as de modo lógico e coerente. Mesmo com o desenvolvimento do raciocínio de modo coerente, os esquemas conceituais e mentais ficam restritos à forma concreta.

O período operacional-formal (a partir dos 12 anos) envolve a evolução das capacidades do período operacional-concreto, a criança raciocina sobre hipóteses e domina esquemas conceituais abstratos. Portanto, nessa fase é capaz de argumentar e discutir valores de conduta, além de construir os seus próprios valores

com autonomia. Piaget (1973) considera essa fase como forma final de equilíbrio, o que não indica que as funções cognitivas não avançarão mais a partir desta fase, pois ampliará seus conhecimentos como adulto com o funcionamento mental já elaborado.

A partir das fases de desenvolvimento cognitivo propostas por Piaget (1973), é preciso que os professores organizem e planejem suas atividades de ensino considerando não só como os alunos aprendem, mas também como querem que seus alunos aprendam. Para tanto, além de compreender as fases de desenvolvimento, é preciso “compreender em que consiste uma boa aprendizagem, conhecer as dificuldades que enfrentam os alunos para ajudá-los a superá-las” (POZO, 2002, p. 58). Importante lembrar que o professor, antes de ser professor foi ou é aluno, portanto tem noção das dificuldades enfrentadas pelos alunos durante o processo de ensino-aprendizagem. Dificuldades no ensino-aprendizagem são encontradas em todos os níveis de ensino, inclusive na Universidade, onde os alunos apresentam maior índice de reprovação em disciplinas vinculadas a cálculo matemático.

2.2 PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM NA UNIVERSIDADE

A Universidade é uma instituição social e por isso, demonstra o modo de funcionamento da sociedade como um todo e de que forma ela se estrutura. A relação entre universidade e sociedade é que explica o fato da universidade pública ser uma instituição social. O fato de ela conseguir se guiar por sua própria lógica e de suas necessidades reforça a ideia de autonomia e diferencia a universidade de outras instituições sociais.

Com a crescente transformação da sociedade nas últimas décadas, os alunos que chegam a essas instituições também acabaram se transformando. Antigamente os alunos não tinham tanto acesso às informações pela internet.

A evolução do processo ensino-aprendizagem na Universidade de um modo geral é uma das preocupações de estudiosos da educação envolvidos com a didática do ensino superior (ALMEIDA, 1996; OLIVEIRA, 2002; LUCKESI, 2005; TAVARES e ALARCÃO, 2001; RANGEL, 2005). Talvez isso ocorra motivado pelas

críticas permanentes ao ensino no país ou pelos resultados observados de índices de aprovação e reprovação nas universidades, detectando grande índice de reprovação em algumas disciplinas específicas.

Freire (1987), educador, pedagogo e filósofo brasileiro considerado um pensador notável na história da pedagogia mundial, demonstra preocupações sobre a precariedade e obstáculos enfrentados no processo ensino-aprendizagem, sem considerar um curso ou nível específico, demonstrando preocupações gerais com o futuro educacional do país. A Universidade acolhe os alunos após uma grande caminhada acadêmica e deve possibilitar a eles condições de produzir o seu conhecimento num processo coletivo com seus professores.

Cury (2004) relata preocupações com a formação pedagógica do professor universitário, pois muitos professores recém formados doutores assumem salas de aula “sem ter passado por qualquer reflexão didático-pedagógica, nem, muito menos, ter refletido ou sido informado sobre a necessidade da disciplina que leciona” (CURY, 2004, p. 141) na formação dos futuros egressos ao mercado de trabalho. Os docentes sem formação pedagógica é uma realidade, e é necessária uma política institucional para a formação didática dos mesmos.

É importante que a universidade organize momentos de reflexão para a mobilização dos docentes de diferentes departamentos dialogarem e trocarem experiências sobre os objetivos das disciplinas ministradas, objetivando sempre considerar que egresso se quer formar. Entretanto, esses momentos devem ser conduzidos e direcionados a objetivos específicos, visando ajustes didáticos pedagógicos em torno dos cursos e evitando discussões de ordem burocrática com pouco avanço.

O aluno atual apresenta acesso às informações com muita rapidez, propiciando contato com fatos no ato em que ocorrem, fazendo-o acreditar que possui o conhecimento no momento que desejar e sem demora. O aluno universitário hoje é o que trabalha de seis a oito horas por dia ou aquele que dorme quando não está na universidade por passar a noite “navegando”.

A partir desta realidade, o professor e a universidade precisam buscar desenvolver nos alunos “o desenvolvimento do pensamento autônomo, crítico e criativo e as interações com as mídias” (CURY, 2004, p. 226). A tecnologia surge como um auxílio para favorecer a interatividade do aluno com as situações de aprendizagem, indicando a necessidade de se buscar metodologias mais dinâmicas

que possibilitem ao aluno a construção de seus conhecimentos a partir de seu conhecimento prévio e baseado nas experiências que adquirirá com o meio acadêmico e mercado de trabalho.

Neste sentido, “os procedimentos pedagógicos nesta nova realidade, devem privilegiar a construção coletiva dos conhecimentos, mediados pela tecnologia, na qual o professor é um partícipe pró-ativo que intermedia e orienta esta construção” (FARIA, 2002, p. 69).

Quando há interação entre docentes, discentes e recursos tecnológicos é possível que o conhecimento coletivo se forme de modo mais sólido, assim como o desenvolvimento pessoal.

Atualmente, é desafiador lecionar com o surgimento de tantas ferramentas tecnológicas. Para acompanhar essa evolução, o professor precisa se reinventar lançando mão de ferramentas que instiguem o conhecimento e prendam a atenção do aluno a fim de auxiliar na execução de seus objetivos pedagógicos.

Sloane (1997) relatou uma experiência em aprendizagem realizada na Universidade de Wolverhampton usando a *World Wide Web* (Web) como um recurso de ensino. Para a época, percebe-se que trabalhar com o potencial da *Web* se tratava de algo inovador, especialmente no campo da computação e comunicações. Este trabalho teve como resultados: o uso da *Web* permitiu aos alunos um melhor acesso a informações mais atualizadas do que é possível em uma biblioteca universitária tradicional; forneceu aos alunos um maior contributo para o seu próprio processo de aprendizagem tornando o processo mais proativo e permitiu uma abordagem mais individual de avaliação e aprendizagem do que é tradicionalmente possível. O documento também apresenta algumas diretrizes para os professores que desejam usar este recurso em um ambiente de aprendizagem em sala de aula.

Pode-se avaliar como houve uma grande evolução nos últimos anos no acesso dos alunos e professores a meios de estudo, e por consequência no processo ensino-aprendizagem e suas estratégias, pois atualmente há muito mais possibilidades de estudos paralelos à sala de aula pelas facilidades a partir da tecnologia, que avança cada vez mais.

Winer e Cooperstock (2002) também analisam o uso da tecnologia para melhorar o ensino e a aprendizagem, como meta do projeto *Intelligent Classroom* “Aula Inteligente” ao gravarem aulas para os alunos assistirem na Web posteriormente. Percebe-se o relato de dificuldades técnicas com o uso da

tecnologia disponível no momento, como melhorias na qualidade técnica ao citar qualidade do áudio e do vídeo, que segundo os autores, estava muito abaixo do padrão de transmissão, justificando que poderia haver uma inibição na aprendizagem ao se utilizar um vídeo de baixa qualidade.

Os avanços tecnológicos são impulsionadores e motivados pelas necessidades pedagógicas, segundo Winer e Cooperstock (2002) é preciso encontrar o equilíbrio entre a tecnologia e o método de ensino tradicional, bem como entre a tecnologia e o ensino, e o desafio é contínuo.

Colocar a tecnologia em prática para melhorar o ensino e a aprendizagem é a meta do projeto *Intelligent Classroom* "Aula Inteligente" da McGill University, proposta no texto de Winer e Cooperstock (2002).

Uma instalação de hardware e software permite a captura automatizada de áudio, vídeo, slides e anotações manuscritas durante uma palestra ao vivo, com acesso subsequente por parte dos alunos. O processo de desenvolvimento, um esforço colaborativo de engenheiros de computadores, especialistas em educação, professores e alunos é descrito, bem como o uso por alunos em quatro classes diferentes após a implantação inicial do sistema. Os alunos foram convidados a acessar os sistemas como uma ferramenta de revisão, e a apreciar as mudanças para a apresentação em sala, bem como a oportunidade para acesso posterior.

Outras interfaces foram propostas para ajudar os professores a melhorar a qualidade de seu ensino, fornecendo um mecanismo para o *feedback* do aluno que vai além de e-mail ou de postagens em grupos de discussão.

Winer e Cooperstock (2002) citam preocupações com distrações, o que demonstra que deve haver todo um contexto, domínio e preparo do projeto para que a implantação ocorra de modo efetivo.

O trabalho de Franco *et al.* (2003) visa investigar a forma como os ambientes virtuais de aprendizagem são incorporados na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Foi realizado um levantamento inicial e histórico do ambiente usado na UNICAMP, como ocorre a formação dos professores para a utilização do ambiente virtual e qual a "efetividade do uso do ambiente como apoio, numa disciplina de graduação da Unicamp" (FRANCO *et al.*, 2003, p. 342). Profissionais do Núcleo de Informática Aplicada à Educação realizaram várias experiências presenciais e a partir da análise delas, construíram o ambiente virtual. Este ambiente é diferente dos demais pelo fato de ter sido construído de modo participativo, a partir

de relatos dos usuários sobre as necessidades para suas ferramentas.

Nesse sentido, por ser um artigo de 2003, já se observa no mercado novidades e evolução na construção de novos ambientes virtuais de aprendizagem. No artigo de Franco *et al.* (2003), há relato de que os resultados apontaram para o uso de tecnologias de comunicação e informação (TICs) para evitar desgastes e tempo perdido com problemas observados no uso de disquetes ou e-mails extraviados. Na realidade atual, disquetes não estão mais em uso nem há mais restrição de acesso à internet apenas no ambiente da universidade, mas é possível entender que o uso das TICs permitiu maior interação entre alunos e professores.

Scanlon *et al.* (2004) relataram em seu texto um projeto de Experimentação Prática por Acesso Educacional Remoto (PEARL). O Projeto PEARL foi criado pela *European Commission's of Information Society Technologies* em março de 2000 e concluído em fevereiro de 2003. O projeto foi desenvolvido por um consórcio de quatro instituições de ensino e, como parceira industrial, a empresa Zenon da Grécia. Cada instituição envolvida possuía um experimento remoto distinto, abrangendo as seguintes áreas: bioquímica, física fundamental, inspeção visual e eletrônica digital.

Scanlon *et al.* (2004) visavam desenvolver um sistema para permitir que os alunos conduzissem experiências do mundo real à distância usando um computador. Exploraram métodos de estender a flexibilidade de laboratório em termos de tempo e localização e de satisfazer as necessidades dos alunos com necessidades especiais. Participaram da pesquisa estudantes de engenharia de computação de quatro universidades.

Os autores apresentam os resultados das fases de validação do projeto que estabeleceram a viabilidade da abordagem de experimentos remotos. Scanlon *et al.* (2004) desenvolveram a ideia de experimentação prática com base em um modelo de trabalho colaborativo baseado em trabalho experimental em um ambiente de laboratório remoto com *feedback* aos alunos sobre suas experiências fornecidas pelos comentários do tutor e interação entre pares. As experiências relatadas demonstraram que essa abordagem é viável. Uma descoberta chave da experiência é que o processo de implementação de experimentos remotos pode exigir mudanças nos objetivos de aprendizagem e de ensino e, portanto, não é necessariamente possível comparar um experimento de laboratório tradicional com seu equivalente remoto.

Neste sentido, Fonseca *et al.* (2014) apresentaram um estudo de caso com o objetivo de avaliar a viabilidade de usar Realidade Aumentada (AR ou RA) em dispositivos móveis em ambientes educacionais para investigar a relação entre a usabilidade da ferramenta, o aluno, a participação e melhoria do desempenho acadêmico após o uso de AR.

A AR é uma tecnologia que possibilita misturar o mundo real com o virtual, possibilitando maior interação ao inserir objetos virtuais no ambiente físico, o que ocorre em tempo real com apoio de dispositivos tecnológicos, surgindo uma nova dimensão no modo em que as tarefas são executadas.

Neste estudo, Fonseca *et al.* (2014) descreveram a implementação e avaliação de uma experiência com AR na visualização de modelos 3D e na apresentação de projetos arquitetônicos por alunos de arquitetura e engenharia de construção. A proposta baseia-se na premissa de que a tecnologia usada em AR, como dispositivos móveis, é familiar para o aluno. Quando utilizado de forma colaborativa, a tecnologia é capaz de atingir um maior nível de envolvimento direto com o conteúdo proposto e melhorar os resultados acadêmicos.

Os resultados foram obtidos pelos pré-testes e pós-testes dos alunos. Fonseca *et al.* (2014) sugerem que o uso de dispositivos móveis em sala de aula está altamente correlacionado com a motivação, e que há uma correlação significativa com o desempenho acadêmico. No entanto, a dificuldade de gerar conteúdo é um fator complexo que sugere dificuldade na implementação de Modelos.

O *e-learning* é considerado como modalidade de ensino a distância por Yanuschik, Pakhomova e Batbold (2015). Os autores publicaram um artigo que enfoca o problema do ensino de matemática para estudantes de uma universidade de engenharia de aprendizagem em uma língua não-nativa. O objetivo foi determinar o melhor modelo de *e-learning* para o ensino de um curso de matemática.

Concluíram que o uso do *e-learning* no processo educacional melhora a qualidade do treinamento prático e proporciona uma melhor compreensão do curso, pois permite a autoaprendizagem, utilizando recursos didáticos estruturados, expostos por diversas estruturas tecnológicas, as quais são possíveis a partir do uso da *internet*.

O artigo de Matukhin e Zhitkova (2015) focaliza os resultados de aprendizagem da implementação experimental de tecnologia de *blended learning*

(aprendizagem mista) no ensino de língua inglesa para estudantes de engenharia da Universidade Politécnica de Tomsk.

O *blended learning*, também conhecido como *b-learning* é uma combinação de métodos de ensino-aprendizagem, que se aproxima da ideia do ensino centrado no aluno, utilizando também as novas tecnologias de informação como estratégia. A aprendizagem é um processo contínuo que envolve várias situações e lugares, além de ocorrer em muitos momentos. A partir do *b-learning* é possível inserir aprendizagens formais com as informais, possibilitando princípios de clareza, adaptabilidade e usabilidade, garantindo ainda a objetividade da avaliação do conhecimento.

Como resultado de estudos teóricos e práticos, Matukhin e Zhitkova (2015) verificaram que o uso de novas tecnologias de informação contribui para a humanização do processo educativo, permitindo programar na prática a ideia de aprendizagem centrada no aluno. O uso de novas ferramentas de tecnologia da informação é uma necessidade, condicionada, por um lado, pelo progresso científico e tecnológico, por outro porque a sociedade precisa.

Jou *et al.* (2016) realizaram um estudo selecionando um curso de desenho mecânico, no qual livros eletrônicos (*E-books*) e aplicativos móveis (APP) poderiam ser utilizados no ensino teórico e prático para realizar uma investigação empírica. Os *E-books* foram utilizados para estudar os princípios do desenho mecânico, enquanto o APP foi usado para criar desenhos mecânicos e aprender os processos envolvidos nos processos de desenho mecânico. A investigação então analisou a relação entre estilos de aprendizagem e a usabilidade dos *E-books* e dos APPs.

Os autores analisaram os resultados deste estudo, recomendando projetar mais E-books utilizáveis e materiais de aprendizagem APP para atender aos alunos com diferentes estilos de aprendizagem.

Dry *et al.* (2016) descrevem *SigmaPipe* como uma nova ferramenta de *software* livre projetada para permitir que estudantes e engenheiros interajam com fluxo de tubos e problemas de transferência de calor de forma intuitiva, 3D e altamente visual. Foi testado através da exposição a alunos de graduação em engenharia química em universidades de Curtin e Monash usando diferentes abordagens.

Os estudos acima indicam que há diferentes práticas ocorrendo no processo ensino-aprendizagem nas universidades. Muitas destas práticas trazem benefícios

aos alunos, assim como podem também trazer limitações. Entretanto, como é um processo que se encontra em desenvolvimento constante, pois o processo ensino-aprendizagem não é algo estático, pronto e que não se altera, é preciso conhecer novas estratégias e possibilitar que, durante reuniões pedagógicas e estudos, os docentes possam conhecê-las. O conhecimento pode favorecer o processo a partir do momento em que o professor busca aperfeiçoar suas práticas, visando sempre que a maior parte dos alunos aprenda.

No processo ensino-aprendizagem é necessário que se busque atingir a maioria dos alunos, repensando métodos, práticas de ensino, conceitos e o uso de novas tecnologias em sala de aula, assim como buscar caminhos para compreender como ocorre o processo ensino-aprendizagem cognitivamente.

De acordo com Bazzo (2014), as universidades brasileiras preocupam-se em evoluir institucionalmente, acompanhando as reformas curriculares. É preciso inovar na formação dos professores, na produção do conhecimento visando compreender como ocorre o processo ensino-aprendizagem como um todo. De modo geral, a universidade produz o conhecimento a ser aplicado no mercado de trabalho pelos egressos. Pensar em que egresso se quer formar é necessário para que a universidade possa evoluir rumo aos desafios atuais, para possibilitar aos discentes uma experiência desafiadora, produtiva e conectada à realidade.

Dentre os cursos universitários, o foco desta pesquisa está nos cursos de Engenharia a partir da observação do grande índice de reprovados nas disciplinas de CDI I e CDI II, além da engenharia fazer parte dos cursos de maior procura na Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

2.3 DESAFIOS NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM NA ENGENHARIA

Uma das finalidades do Ensino Superior é formar alunos que sejam capazes de pensar e chegar a uma conclusão para problemas cotidianos. Os cursos de engenharia trabalham com modelos e vão além dessa finalidade, pois se espera que os engenheiros egressos sejam capazes de tomar decisões partindo de dois saberes: saber modelar e saber ler resultados. Bazzo (2014, p. 73) afirma que ser profissional que forma engenheiros configura “tarefas de grande responsabilidade

num mundo que é movido pelos feitos da ciência e da tecnologia e de suas repercussões junto à sociedade”.

De acordo com Laudares (2016), grande parte dos conteúdos dos cursos de engenharia normalmente são trabalhados de modo desligado de situações reais, não importando para que servem e onde serão aplicados. “O interesse é achar a resposta certa, pouco importando o significado dessa resposta” (LAUDARES, 2016, p. 59).

Bazzo (2014, p. 73) complementa que o ensino de engenharia atual continua como o do século passado, no qual “bastava possuir uns poucos manuais e se estava apto a trabalhar em engenharia com propriedade”. Essa constatação se dá observando as malhas curriculares, que em muitos aspectos estão desconectadas do mundo atual em desenvolvimento, com novas dinâmicas em todos os aspectos de formação de engenheiros (BAZZO, 2014).

No processo ensino-aprendizagem na engenharia, é preciso ir além do interesse apenas pela resposta certa, criando uma “outra relação dentro das academias entre professores e alunos e da própria comunidade como um todo” (BAZZO, 2014, p. 74), desenvolvendo um propósito de saber modelar, considerado saber necessário ao egresso de engenharia e que envolve adquirir uma descrição que proporcione o entendimento de um fenômeno do mundo real e consiga prever comportamentos futuros.

De acordo com Bazzo, Pereira e Bazzo (2014), para ensinar nos cursos de engenharia, é preciso trabalhar com experimentações e vivências que oportunizem aos alunos aprender a lidar com os erros de modo a corrigi-los de maneira mais didática e responsável, necessitando “‘destruir’ concepções pautadas em um modelo de homem, de sociedade e de mundo imutáveis, com isso aprendendo a desaprender e a tecer caminhos teórico-metodológicos próprios e singulares” (BAZZO; PEREIRA; BAZZO, 2014, p. 27).

El-zein e Hedemann (2016) apresentam em sua pesquisa duas situações: em primeiro lugar, argumentam que o foco na resolução de problemas traz consigo vieses epistemológicos e políticos que limitam a capacidade dos engenheiros de refletir sobre seus processos de aquisição de conhecimento e definição de problemas. Em segundo lugar, propõem que as tentativas da profissão para manter a relevância no século XXI vacilarão, a menos que os engenheiros claramente enunciem o “bem público” que eles têm no objetivo de construir, reforçar ou proteger

(EL-ZEIN; HEDEMANN, 2016).

El-zein e Hedemann (2016) apresentaram o objetivo de explorar até que ponto o foco dos engenheiros na resolução de problemas e o *ethos* profissional do qual fazem parte determinam seu modo de engajamento com o mundo e limitam sua capacidade de lidar com as causas raciais de problemas sociais e ambientais em sociedades tecnologicamente avançadas. O texto traz questões polêmicas como a discussão de que a resolução de problemas é um atributo desejável e definidor da educação e da prática de engenharia e que dificilmente é examinada criticamente.

Bazzo, Pereira e Bazzo (2014) concordam que é necessário, de fato, que as profissões de engenharia combinem um *ethos* que resolva problemas com uma cosmovisão mais reflexiva que engaje com as dimensões sociais e políticas dos desafios tecnológicos. De acordo com El-zein e Hedemann (2016), seu trabalho tem contribuído para este debate, destacando formas em que o foco na resolução de problemas na engenharia, ao mesmo tempo em que equipam os engenheiros com uma poderosa capacidade mental e habilidades analíticas, deixa-os com uma racionalidade excessivamente reducionista e limita sua capacidade de se envolver com o social, ambiental e político da tecnologia. Além disso, concluem que o bem público que a engenharia presta é mal definido e raramente é discutido. Isso constitui um obstáculo ao envolvimento da profissão com o mundo.

Além disso, a pesquisa de El-zein e Hedemann (2016) demonstram como limites disciplinares e competências normativas têm o poder de excluir visões particulares do bem público, ao mesmo tempo em que reforçam outras. Uma formulação alternativa, hipotética do bem público poderia moldar fronteiras disciplinares diferentes que estão melhor alinhadas com metas de engenharia autodefinidas (por exemplo, acesso equitativo a alimentos, água, transporte e abrigo).

Uma pesquisa realizada em uma escola de engenharia da Universidade de Sydney, citada por El-zein e Hedemann (2016) revelou que os educadores acreditam na importância de desenvolver uma compreensão do bem público entre os alunos, mas não têm certeza se isso está sendo alcançado ou se uma reconfiguração de disciplinas de engenharia seria benéfica. Os autores afirmam que esta discussão precisa acontecer entre educadores de engenharia, indústria e organizações profissionais, a fim de enfrentar os complexos desafios sociais, econômicos e ambientais do século XXI.

No mundo atual, as competências técnicas são insuficientes ao se pensar no todo do trabalho do engenheiro. É necessário que a educação técnica seja mais integradora, incluindo currículos que desenvolvam competências, além de entender os princípios básicos da gestão de projetos em uma economia cada vez mais global. André (2013) afirma que nos últimos anos, a academia e a sociedade em geral revelaram que os principais fatores para o sucesso profissional não vem de conhecimento exclusivamente técnico. O sucesso vem de uma dimensão de competência e, mais especificamente, de competências comportamentais e contextuais.

Nesse sentido, a formação de novos engenheiros deve incorporar habilidades das três dimensões inter-relacionadas. Em primeiro lugar, a dimensão técnica tradicional das competências, que fornece o conhecimento para que o engenheiro seja capaz de conceber tecnologias, produtos e serviços que satisfaçam as demandas e os problemas da sociedade. Em segundo, a dimensão contextual que garante que os engenheiros possam se relacionar com um contexto multicultural e em mudança: a esfera administrativa política, o quadro internacional e os fatores jurídicos e financeiros. E por último, a dimensão ética e social das competências que define e estabelece os "valores fundamentais" - define um comportamento aceitável e desenvolve o caráter como elementos necessários para que os futuros profissionais superem os conflitos morais e influenciem o aprimoramento da sociedade (EL-ZEIN; HEDEMANN, 2016).

Seu texto sugere que a investigação sobre o impacto da informação a partir de Tecnologias da Comunicação no ensino superior é uma tarefa necessária na qual podem ser aplicadas metodologias de pesquisa mistas ou combinação de métodos de aprendizagem (*b-learning*), o que implica em uma metodologia baseada em evidências empíricas que pode fornecer uma teoria adaptada à nova realidade educativa (GONZÁLEZ *et al.*, 2013). González *et al.* (2013) objetivaram ressaltar a importância de uma metodologia de aprendizagem ativa (aprendizagem construtiva, trabalho colaborativo e recursos de aprendizagem combinada) na engenharia na Espanha, o que facilita o aumento da participação dos alunos, assim como sua responsabilidade pelo processo de aprendizagem, visto que é sujeito ativo.

Corroborando com o assunto, Debal (2003, p. 1) relata que “o maior desafio do docente no Ensino Superior é fazer com que o acadêmico tenha uma participação efetiva nas discussões de sala de aula”. A prática pedagógica é de

extrema importância no ensino superior, visando a autonomia do discente em um processo mediado pelo docente. Debal (2003) complementa que é perceptível em muitos casos que o professor domina o conhecimento, mas apresenta dificuldade na metodologia de ensino, dificultando a aprendizagem. Portanto, ao auxiliar o desenvolvimento da aprendizagem, as metodologias ativas auxiliam em diversas situações e contextos.

Alguns destes fatores são relatados no trabalho de Chandrasekaran e Al-Ameri (2016) que realizam uma avaliação das experiências de aprendizagem de uma equipe de estudantes de terceiro ano de Engenharia Civil em uma aprendizagem baseada em projetos. Os autores consideram a aprendizagem em equipe como uma maneira construtiva de aprimorar a aprendizagem dos alunos em ambiente colaborativo.

A aprendizagem em equipe envolve a interação entre os alunos através da aprendizagem entre pares, dá a oportunidade aos alunos de se tornarem solucionadores de problemas, comunicadores, revisores e líderes. A Escola de Engenharia da Universidade de Deakin utiliza a aprendizagem baseada em projetos como uma abordagem do processo ensino-aprendizagem na Engenharia.

De acordo com Chandrasekaran e Al-Ameri (2016), a experiência com a aprendizagem baseada em projetos auxilia os alunos a serem mais autônomos na resolução de problemas, o que se espera no decorrer do curso de Engenharia.

Halbe, Adamowski e Pahl-Wostl (2015) realizam um estudo de caso sobre a gestão sustentável e uma análise da literatura para mostrar a relevância de múltiplos paradigmas em questões de desenvolvimento sustentável.

De acordo com Halbe, Adamowski e Pahl-Wostl (2015), os resultados indicam que o paradigma "prever e controlar" é o paradigma dominante na engenharia. Os paradigmas de "economia", "gestão adaptativa" e "envolvimento das partes interessadas" são paradigmas adicionais que são cada vez mais considerados na educação e na prática da engenharia.

No intuito de investigar as atitudes dos estudantes na aprendizagem de conceitos matemáticos e averiguar os fatores que influenciam a sua experiência no processo de aprendizagem, Alves *et al.* (2016) realizaram um estudo exploratório com estudantes de dois cursos de Engenharia da Universidade do Minho.

Durante a formação nos cursos de Engenharia, os conceitos matemáticos são essenciais, seja na compreensão dos conceitos diversos ou no conhecimento

específico da sua aplicabilidade. Alves *et al.* (2016, p. 260) afirmam que no decorrer dos cursos de engenharia “os estudantes aprendem e consolidam os princípios básicos de Matemática para resolver problemas práticos, reforçando o conhecimento de conceitos matemáticos”.

Uma das discussões do trabalho de Alves *et al.* (2016) aborda o fato dos alunos pesquisados reconhecerem que o professor é importante para o processo ensino-aprendizagem na Engenharia, pois ele pode motivar a aprendizagem dos conceitos, especificamente nesta pesquisa, de conceitos matemáticos. Alguns alunos participantes relatam que, por muitas vezes, não se “sentem apoiados, seja pela falta de *feedback*, seja pelo método de ensino, muito baseado na memorização de conceitos e sem revelar a aplicabilidade a contextos reais de Engenharia” (ALVES *et al.*, 2016, p. 281).

Esse estudo mostra que o aluno de engenharia precisa realizar uma conexão entre o conteúdo e a prática em problemas a serem desenvolvidos em seu trabalho após sua formação, sendo necessário que os docentes apresentem o conhecimento como problemas a serem resolvidos, contextualizando-os a fim de que o aluno conecte uma possível solução com questões mais amplas a serem aprendidas nos cursos de Engenharia.

Todos os vieses e instituições da sociedade estão passando por mudanças nos seus contextos institucionais e acadêmicos, provocados e impulsionados pelos avanços e inserções tecnológicas nas mesmas. Assim, o processo de ensino-aprendizagem e as instituições de ensino de modo geral não estariam alheios a tal fenômeno.

Uma estratégia para a melhoria contínua do processo de ensino-aprendizagem nos cursos de Engenharia é a incorporação de métodos e materiais didáticos que buscam desenvolver habilidades de pesquisa científica em alunos de graduação. Já existem iniciativas positivas nesse sentido a partir da participação dos alunos em Programas de Iniciações Científicas que inserem o aluno no ambiente da pesquisa científica, onde o estudante tem oportunidade de desenvolver habilidades nem sempre exigidas em sala de aula.

Os trabalhos comentados até aqui mostram que há estudos sendo realizados nos cursos de engenharia, que há pesquisadores interessados em entender o processo ensino-aprendizagem e também apresentam inovações na área. Além disso, os trabalhos dão indícios que investir no ser humano é essencial,

pois o mesmo é capaz de aprender, construir conhecimentos e resolver problemas, considerando aqui docentes e discentes em igualdade. Empregar novas metodologias da pesquisa e da elaboração pode ser, de acordo com Laudares (2016, p. 67), “o longo caminho a seguir para transformar a escola em espaço de trabalho de reconstrução do conhecimento”. Neste contexto o professor atende para que o aluno aprenda, sendo orientador e avaliador do processo e supera-se o modelo de sala de aula formatada para a transmissão de conteúdo.

Atualmente, os avanços da ciência e tecnologia possibilitam acesso aos processos cognitivos envolvidos na aprendizagem, ao analisar e compreender os fatores que influenciam no processamento da informação e como o conhecimento ocorre em níveis neurocientíficos e fisiológicos. Partindo do pressuposto que o ser humano é capaz de aprender, na sequência buscou-se compreender princípios básicos do desenvolvimento mental, especificamente no âmbito da cognição matemática.

2.4 COGNIÇÃO MATEMÁTICA

Até o final da década de 1950, a aprendizagem era considerada a partir de teorias comportamentais (ou behavioristas), que analisavam as observações do comportamento do homem e suas relações com os estímulos provenientes do ambiente para entender os processos que envolviam a aquisição do conhecimento. De acordo com Bransford, Brown e Cocking (2007, p. 24), a partir desta época “a complexidade de compreender os seres humanos ficou cada vez mais evidente, e um novo campo emergiu: a ciência cognitiva”. A partir da década de 60 as teorias comportamentais passaram a ser contestadas por teóricos da área do ensino e da psicologia e iniciou um movimento para se considerar os processos que ocorrem na mente humana, surgindo, de acordo com Davidoff (2001), estudos de cognição (processos, estruturas e funções mentais).

A aprendizagem foi abordada pela ciência cognitiva desde seu surgimento em uma perspectiva multidisciplinar, incluindo “a antropologia, a linguística, a filosofia, a psicologia do desenvolvimento, a ciência da computação, a neurociência e diversos ramos da psicologia” (BRANSFORD; BROWN; COCKING, 2007, p. 24).

Iniciaram-se, então, estudos sobre o funcionamento mental a partir do surgimento de novas ferramentas experimentais e metodologias, cujos estudos quais foram evoluindo. A inserção de “metodologias rigorosas de pesquisa qualitativa proporcionou perspectivas sobre a aprendizagem que complementam e enriquecem as tradições da pesquisa experimental” (BRANSFORD; BROWN; COCKING, 2007, p. 25).

Para Pozo (2002, p. 99), “a mente humana é o sistema de representação mais completo, complexo e versátil que conhecemos”. Mesmo que seja possível programar um computador para superar o ser humano em várias tarefas, dificilmente seria possível superar características do comportamento e do conhecimento humano, que pode se adaptar conforme necessite a situação.

O cérebro humano adquiriu a leitura ao reciclar neurônios, o que significa que neurônios usados para a leitura hoje eram usados em outro tipo de tarefa anteriormente. Evoluiu para aprender a ler, despertando a capacidade do cérebro de aumentar a capacidade de guardar dados. Durante a leitura, o cérebro usa sempre a mesma área, independente do idioma da leitura ser em português, inglês, alemão ou coreano. Já a matemática apresenta algumas diferenças no seu desempenho em línguas diferentes. Em alguns países, há evidências das crianças conseguirem aprender com mais facilidade. Por exemplo, crianças da Coreia do Sul e do Japão têm mais habilidades matemáticas que crianças americanas ou francesas, o que faz com que pesquisadores questionem o que acontece com o cérebro que torna os números e a própria matemática fácil ou difícil (BRANSFORD; BROWN; COCKING, 2007).

Pozo (2002, p. 100) considera que a mente humana basicamente consiste em dois sistemas de memória interconectados: “uma memória de trabalho (durante certo tempo chamada memória de curto prazo, por seu caráter transitório) e uma memória permanente (ou memória de longo prazo)”, ambas com características e funções diferenciadas. Quando verificadas separadamente, as duas acabam sendo deficientes. A conexão entre as duas multiplica a possibilidade de aprendizagem de modo a conseguir realizar tarefas complexas.

O cérebro evolui desde o nascimento para o desenvolvimento de conceitos de tempo, espaço, número, objeto, relacionamento, sentimentos. Todo e qualquer aprendizagem nova precisa encontrar seu espaço cerebral, modificando relações já existentes para surgirem novas competências, perdendo-se algumas antigas. Um

exemplo citado pelo matemático e neurólogo Stanislas Dehaene, diretor da Unidade de Neuroimagem Cognitiva do Collège de France e uma das maiores autoridades mundiais no estudo do cérebro (1997), é o método de alfabetização mais eficaz, chamado fônico, no qual as crianças partem do ensino das letras e da correspondência fonética de cada uma. Estudos demonstram que as crianças que aprendem por este método aprendem com mais rapidez e eficiência do que com o método de educação global, no qual a criança compreende o significado para depois aprender as partes.

As neurociências cognitivas evoluem muito com o passar do tempo e estudos realizados. São capazes de explorar os cérebros para entender o que eles possuem em comum para que as pessoas sejam capazes de entender a matemática. Entretanto, ainda não conseguiram definir e estudar as variações individuais do cérebro que distinguem dois físicos, por exemplo, um que ganha um Prêmio Nobel de um que trabalha normalmente.

De acordo com Holt (2008), Dehaene passou a maior parte de sua carreira traçando os contornos do senso numérico do ser humano e pesquisando sobre quais aspectos da capacidade matemática são inatos e quais são aprendidos, e como os dois sistemas se sobrepõem e se afetam mutuamente. Ele abordou o problema de vários ângulos. Realizou experimentos que investigam como os números são codificados em nossas mentes. Estudou as habilidades numéricas dos animais, das tribos amazônicas e dos melhores estudantes de matemática franceses. Ele usou a tecnologia de escaneamento cerebral para investigar com precisão onde, nas dobras e fendas do córtex cerebral, as faculdades numéricas estão alojadas. Questionou até que ponto algumas línguas tornam os números mais difíceis do que outras.

Com o auxílio de técnicas usadas pela neurociência, Dehaene e sua equipe de pesquisadores refutaram o princípio construtivista, segundo o qual a criança testa hipóteses para acabar descobrindo, por si mesma, os mecanismos da leitura. Ao contrário, as evidências indicam que a alfabetização é muito mais rápida quando se ensina explicitamente quatro pontos básicos.

Primeiro, o fato de que as letras representam diferentes sons. É preciso ajudar a criança a identificar os diferentes sons que compõem uma palavra para depois fazê-la compreender que as letras representam esses sons. O segundo elemento é sobre a combinação das letras ou dos grafemas. A criança precisa aprender a forma de juntar letras para produzir o som. O

terceiro aspecto é a direção da leitura, que deve ser da esquerda para a direita: lemos li, e não il. Por último, a criança deve ser instruída para perceber que uma mesma forma gráfica pode representar letras e sons diferentes dependendo da posição. (DEHAENE, 2012).

A compreensão do que se lê requer a mobilização de competências cognitivas muito mais complexas do que as envolvidas no processo da alfabetização. Nem sempre é preciso saber ler para compreender, como é o caso dos adultos analfabetos que não aprenderam a ler, mas entendem e conseguem resolver questões do dia a dia. A alfabetização é uma condição necessária, mas não suficiente para a compreensão, enquanto a leitura é uma capacidade determinada e adquirida, não inata.

Para Dehaene (2011), quando a pessoa lê, acessa uma rede complexa do cérebro que reconhece fragmentos cada vez maiores de palavras sem estar consciente do processo.

As crianças vêm equipadas com uma capacidade rudimentar de perceber e representar o número. Se a evolução possibilita uma maneira de representar o número, incorporada no sentido numérico primitivo, a cultura fornece mais dois: números e palavras numéricas. Esses três modos de pensar sobre o número correspondem a áreas distintas do cérebro. O sentido numérico está alojado no lobo parietal, a parte do cérebro que se relaciona com o espaço e a localização; numerais são tratados pelas áreas visuais; e as palavras numéricas são processadas pelas áreas de linguagem.

Dehaene (2011) sugere em suas pesquisas que um dos fundamentos da aritmética, a intuição do conceito de número, tem sua origem na arquitetura do cérebro, que, desde o nascimento, representa espontaneamente esse parâmetro essencial do mundo físico. “A intuição do número está tão profundamente enraizada em nossos sulcos parietais que nem sequer nos damos conta de sua importância. Compreendemos sem esforço que 3 é menor do que 5” (DEHAENE, 2000).

O trabalho realizado por Dehaene (2011) levanta questões sobre a forma como a matemática é ensinada. Para o autor todos nascem com um instinto matemático que evolui. Os seres humanos têm um “senso numérico” inerente capaz de fazer alguns cálculos e estimativas básicas. Os problemas começam ao aprender matemática e ter de executar procedimentos que são tudo, menos instintivos.

Dehaene (2011) centrou-se em uma de suas pesquisas em uma pergunta aparentemente simples: como saber se os números são maiores ou menores do que

os outros? Ao questionar alunos qual número é maior: 4 ou 7 (ou outros números distantes), em fração de segundos e com precisão, os alunos respondem que é 7, entretanto entre 5 e 6, há um tempo maior para respostas. O desempenho também piorou à medida que os dígitos aumentaram: 2 e 3 eram muito mais fáceis de comparar do que 7 e 8. Os próprios alunos ficaram surpresos ao perceber que desaceleraram para responder qual era o maior número entre 8 e 9.

Partindo dessa pesquisa, Dehaene (2011) sugere que, quando o ser humano vê numerais ou ouve palavras numéricas, o cérebro mapeia automaticamente uma linha numérica que fica mais imprecisa acima de 3 ou 4, sendo impossível modificar isso. De acordo com o autor, é uma propriedade estrutural básica de como o cérebro representa o número, não apenas a dificuldade.

Para Holt (2008), a área de número está no interior de uma dobra no lobo parietal chamado sulco intraparietal. Mas, não é fácil dizer o que os neurônios realmente fazem. A imagem cerebral, por toda a sofisticação de sua tecnologia, produz uma imagem bastante superficial do que está acontecendo dentro do crânio, e o mesmo ponto no cérebro pode se acender para duas tarefas, mesmo que neurônios diferentes estejam envolvidos.

Novas técnicas de neuroimagem prometem revelar como um processo de pensamento como o cálculo se desdobra no cérebro. Isso não é apenas uma questão de conhecimento puro. Como a arquitetura do cérebro determina o tipo de habilidades que são naturalmente elaboradas, uma compreensão detalhada dessa arquitetura deve levar a melhores formas de ensinar matemática às crianças e pode ajudar a reduzir a lacuna educacional que separa as crianças do Ocidente das de vários países asiáticos. O problema fundamental da aprendizagem da matemática é que, embora o senso numérico possa ser genético, o cálculo exato requer ferramentas culturais - símbolos e algoritmos - que existem há apenas alguns milhares de anos e devem ser absorvidos por áreas do cérebro que evoluíram para outras finalidades. Se não é possível mudar a arquitetura do cérebro, pode-se tentar adaptar os métodos de ensino às restrições que ele impõe (HOLT, 2008).

O senso numérico citado por Dehaene (2011) dá um domínio “normal” de adição, de modo que, mesmo antes da escola, as crianças podem encontrar receitas simples para adicionar números. Se for pedido para calcular $2 + 4$, por exemplo, uma criança pode começar com o primeiro número e depois contar para cima pelo segundo número: “dois, dois mais um = três, dois mais dois = quatro, dois mais três

= cinco, dois mais quatro = seis”. Mas a multiplicação é diferente, por exemplo. Dehaene (2011) considera uma “prática antinatural” porque o cérebro está conectado diferente para soma e multiplicação. Para a multiplicação, as tabuadas devem ser armazenadas no cérebro verbalmente. A lista de tabuada a ser memorizada pode ser curta, mas é complicada: os mesmos números ocorrem repetidas vezes, em ordens diferentes, com sobreposições parciais e rimas irrelevantes. Por exemplo, descobriu-se que os bilíngües voltam à linguagem que usavam na escola quando resolvem multiplicação. A memória humana, diferentemente da memória de um computador, evoluiu para ser associativa, o que a torna inadequada para a aritmética: se você está tentando recuperar o resultado da multiplicação de 7×6 , a ativação reflexa de $7 + 6$ e 7×5 pode ser desastrosa. Assim, a multiplicação está distante do senso intuitivo de número; tem que ser decorado de uma forma que vai contra a organização evolutiva da memória humana.

A matemática de alto nível se consolida graças à linguagem e à educação, o que indica que a intuição numérica faz parte do patrimônio genético do ser humano, “mas que pode se expandir, em graus variáveis, segundo o trabalho e a paixão dedicada a ela” (DEHAENE, 2000).

A busca pelo aluno autônomo, capaz de seu próprio aprender é um assunto da atualidade. Entretanto, para se ter esse aluno, Portilho (2006, p. 48) relata que o ensino deve “estimular a pessoa a parar, refletir sobre sua própria maneira de ser, pensar, agir e interagir, assim como convidá-la, conscientemente, a mudar quando for necessário melhorar sua aprendizagem”.

Segundo a perspectiva de Portilho (2006), estaria sendo desenvolvido no aluno a metacognição, que se tratar de um “conhecimento procedimental sobre o próprio conhecimento” (PORTILHO, 2006, p. 48). Para exemplificar, quando se declara um conhecimento sobre a realidade externa, está se apontando um conhecimento em si: “banana é uma fruta”. Entretanto quando o conteúdo do conhecimento se refere ao mundo interior do indivíduo como “eu gosto de banana”, pode-se falar em metacognição, pois se relaciona ao conhecimento do indivíduo sobre os próprios processos cognitivos importantes para a aprendizagem.

A metacognição é praticada quando o indivíduo percebe que tem mais dificuldade para aprender “matemática que biologia” ou vice versa, quando percebe que precisa verificar um conteúdo pela segunda vez. Três estratégias metacognitivas são propostas por pesquisadores: Burón (1997) fala sobre o

conhecimento auto-reflexivo, Mayor, Suengas e González (1995) trazem sobre a cognição sobre a cognição, Mayor, Suengas e González (1995) e Portilho (2003) propõem um modelo de atividade cognitiva, que, além de conter consciência e a regulação ou controle proposta por Burón (1997) e Mayor, Suengas e González (1995), insere a autopoiese que articula as outras estratégias metacognitivas.

O desenvolvimento e a compreensão dos processos cognitivos e metacognitivos é um aspecto que tem despertado o interesse da comunidade científica ao longo dos anos. O estudante com talento matemático pode ser aquele que melhor sabe explorar as intuições que o cérebro projeta no mundo ou o que mais estudou e refletiu sobre o assunto diariamente e de modo intenso, desde seu nascimento. Entretanto, quando o aluno se depara com a matemática no ensino superior, apresenta dificuldades de compreensão conforme Dehaene (2000) sugere em suas ideias e discussões, cujo tema será discutido com maior abrangência na sequência.

2.5 ENSINO DA MATEMÁTICA NO ENSINO SUPERIOR

A matemática é uma disciplina que difere das outras, especialmente porque sua natureza é abstrata, pois mesmo que os modelos possam ser utilizados para justificar o mundo real, não há como corresponder este mundo aos respectivos modelos matemáticos.

Cury (2004, p. 44) relata que “as deficiências no uso da linguagem escrita e o pouco desenvolvimento da capacidade de compreensão da Matemática estão intimamente ligados por uma relação causa-efeito”, ou seja, quando não há domínio da linguagem para a aprendizagem de conceitos abstratos, o pensamento matemático não consegue se desenvolver em seus diversos níveis.

Piaget (1977) desvincula em sua teoria a função da expressão linguística e do raciocínio, afirmando que:

Anteriormente às operações lógicas formuladas pela linguagem, existe uma espécie de lógica das coordenações de ações que manifestam especialmente relações de ordem e ligações de encaixe (relações da parte ao todo) [...] Além disso, convém insistir no fato de as operações, na medida em que são resultantes da interiorização das ações e das suas coordenações, permanecerem por muito tempo relativamente independente da linguagem (PIAGET, 1977, p. 125-126).

Essa minimização da necessidade de desenvolvimento do uso da linguagem como verdade absoluta não foi benéfica para o ensino. Assim, é possível inferir que, durante o ensino de Matemática, tem se dado pouca atenção à linguagem, mas o domínio e aprendizagem da matemática estão diretamente vinculados ao domínio da linguagem.

Em relação aos “bons alunos” em Matemática, Piaget (1973) argumenta que as supostas aptidões diferenciadas estão ligadas principalmente à capacidade de adaptação do aluno ao tipo de ensino. Os “maus alunos” em matemática, mas que vão bem em outras matérias, estão aptos a aprender matemática contanto que os assuntos matemáticos sejam trabalhados por meio de outros caminhos, desconsiderando a importância da aquisição de domínio linguístico para o desenvolvimento do pensamento matemático.

A aprendizagem matemática pode ser camuflada por respostas certas ou erradas; as erradas podem demonstrar bons raciocínios, mas estar relacionadas a conceitos incorretos. Já as respostas certas podem ser apenas “decorebas” e repetições e não existir o desenvolvimento do raciocínio. Geralmente os alunos deixam de utilizar seu próprio modo de pensar para seguir as regras, fórmulas e definições que o professor apresenta, mas sem desenvolver o raciocínio necessário para a resolução da matemática como vivência cotidiana que resolve problemas, o que se justifica pela abstração da matemática e pela necessidade de resolver “do jeito do professor” e acertar.

Na matemática, que é muito hierarquizada, um conceito aprendido erroneamente pode aumentar a complexidade da aprendizagem posteriormente. Assim, a aprendizagem da matemática também apresenta uma natureza diferente, dependendo de concepções do conhecimento matemático e de como ocorre o desenvolvimento cognitivo no aluno.

As questões do insucesso escolar e, em particular, na disciplina de matemática que está presente em parte dos cursos superiores brasileiros são preocupações atuais na pesquisa em educação. Levantar alguns fatores que justificam o fracasso escolar como a organização do currículo, idade discente, metodologias de ensino, didática do professor, entre outros e procurar compreender as suas causas, encontrando formas de amenizá-las, é uma prioridade independente do nível de ensino.

Muitas pesquisas sobre a área da educação matemática acabam se detendo no ensino básico e fundamental, centrando-se em fatores demográficos para explicar o processo de aprendizagem da matemática, mas gradualmente esta preocupação avança para o ensino superior visto que a falta de preparação dos estudantes que ingressam em cursos superiores condiciona a aprendizagem de conceitos matemáticos nos primeiros anos de curso.

D'Ambrósio (2012) afirma que é muito difícil motivar o ensino da matemática com situações do mundo atual pelo fato da matemática ter sido criada e desenvolvida em outros tempos, com outros problemas, necessidades e urgências. De acordo com D'Ambrósio (2012, p. 29), “do ponto de vista de motivação contextualizada, a matemática que se ensina hoje nas escolas é morta”. O autor concorda que há grande produção matemática nos últimos 20 anos, muito mais que em toda a história humana. Entretanto, é uma produção originada de uma “dinâmica interna da ciência, e da tecnologia e da própria matemática” (D'AMBRÓSIO, 2012, p. 31). De acordo com o autor, é uma produção naturalmente muito intensa, mas não como fonte primária de motivação.

A aprendizagem matemática dos alunos continua sendo um grande desafio, e as dificuldades encontradas no decorrer do processo podem prejudicar o andamento normal dos cursos, dentro de um tempo padrão de conclusão. Segundo Frota (2010), há uma tentativa de se justificar a matemática do passado como base para a matemática atual. Entretanto, muito pouco serve atualmente e ainda assim, serve quando em linguagem e codificação modernas (D'AMBRÓSIO, 2012), o que não justifica o ensino continuar de modo tão tradicional.

Frota (2002) sugere que, no campo da aprendizagem, o “como” processar informações está diretamente ligado às estratégias de aprendizagem. De acordo com Zhang e Sternberg (2005), estilos de aprendizagem indicam as preferências dos alunos para optar e aplicar as estratégias de aprendizagem, as quais podem variar muito de um aluno para outro, assim como cada aluno define a forma que vai fazer uso da estratégia escolhida, estabelecendo um estilo de aprendizagem próprio. Para Frota (2002, p. 42), “estilos de aprendizagem matemática são estratégias de aprendizagem personalizadas”, que se manifestam nas situações vivenciadas pelos alunos que se cruzam criando a própria história de aprendizagem.

No ensino superior, há uma exigência social sobre a qualidade da formação dos alunos, visto que o “sucesso profissional” decorre da aprendizagem, da

capacitação, da formação de habilidades e competências, do esforço dos alunos nos estudos durante a sua formação acadêmica, o que exige o desenvolvimento de um projeto dinâmico, “apresentando a ciência de hoje relacionada a problemas de hoje e ao interesse dos alunos” (D’AMBRÓSIO, 2012, p. 30). Para que ocorra esse currículo dinâmico, é necessário muito investimento no docente.

De acordo com Cury (2004, p. 41), a reflexão, a discussão e a pesquisa sobre a aprendizagem matemática na universidade ocorrem a partir do crescente índice de reprovação em disciplinas básicas, especialmente as de Cálculo. Houve, por muito tempo, a crença de que a dificuldade originava-se no Ensino Fundamental e Médio e que o único modo de melhorar a aprendizagem matemática seria uma seleção de alunos mais eficiente. Entretanto, atualmente isso já mudou. Cury (2004, p. 42) salienta que as dificuldades de aprendizado não se encerram no ensino pré-universitário e que a “ineficiência do Ensino Fundamental e Médio se insere num amplo contexto social, político e cultural, no qual a universidade tem um papel extremamente importante”.

Nesse sentido, Cury (2004) salienta que há um constante movimento em busca de metodologias e ações que visam promover o aprendizado mais eficiente, além da busca pela melhoria da formação dos professores de matemática.

Outros autores pesquisaram o ensino da matemática no contexto universitário, dentre eles Jaworski e Matthews (2011), que visaram em seu trabalho motivar os alunos calouros de engenharia a desenvolver uma compreensão mais conceitual da matemática através da sua participação num projeto de pesquisa na universidade, buscando um ensino inovador. Os autores relatam que se concentraram na mudança da cultura e expectativas de ensino. Assim, o alinhamento crítico pode surgir com palestras interativas, projetos e trabalho em grupo.

No intuito de apresentar o ensino de matemática como um exemplo de como novas políticas relacionadas a padrões podem oferecer uma oportunidade para reavaliação e esclarecimento de tais debates, Munter, Stein e Smith (2015) buscaram em seu trabalho especificar modelos de ensino associados a termos como "reforma" e "tradicional" – que se referem como "dialógico" e "direto" – quanto a perspectivas sobre o que significa entender como os estudantes aprendem a matemática, e como a matemática deve ser ensinada.

Munter, Stein e Smith (2015) organizaram uma série de discussões

semiestruturadas entre especialistas reconhecidos nacionalmente que mantêm pontos de vista opostos sobre o ensino e/ou aprendizagem da matemática. Durante essas discussões, o consenso recente sobre o que os alunos deveriam aprender foi tomado como um objetivo comum e áreas adicionais de concordância e discordância foram identificadas e discutidas. O objetivo não era chegar a um consenso, mas convidar representantes de diferentes perspectivas para esclarecer e chegar a um acordo sobre o que eles discordam.

A partir dos dois modelos de ensino, Munter, Stein e Smith (2015) descrevem nove áreas-chave que distinguem os dois modelos: (a) a importância e o papel da conversa; (B) a importância e o papel do trabalho de grupo; (C) o sequenciamento de tópicos matemáticos; (D) a natureza e ordenação das tarefas de instrução matemática; (E) a natureza, o momento, a fonte e o propósito do *feedback*; (F) a ênfase na criatividade (isto é, a autoria da própria aprendizagem, a matematização da matéria da realidade); (G) o propósito de diagnosticar o pensamento do aluno; H) a introdução e o papel das definições; e (I) a natureza e o papel das representações.

Akiba e Liang (2016) estudaram os efeitos das atividades de aprendizado profissional dos professores; o crescimento do desempenho dos alunos, ao examinar os efeitos de seis tipos de atividades para a formação de professores; o crescimento do desempenho dos alunos ao longo de 4 anos com 467 professores de matemática do EM em 91 escolas. Participaram de uma avaliação padronizada de Matemática em Missouri, Estados Unidos da América (EUA), 11.192 alunos de EM.

A partir dos dados, Akiba e Liang (2016) perceberam que as atividades colaborativas centradas no professor parecem ser mais eficazes na melhoria da matemática do que atividades individuais de aprendizagem. Também foram encontradas atividades de pesquisa orientadas por professores através da apresentação e participação profissional por conferência, associadas ao crescimento do desempenho dos alunos em matemática. Escolas e alunos podem se beneficiar com o investimento em desenvolvimento profissional e recursos na aprendizagem centrada no professor colaborativo.

Zembar e Aslan (2016) investigaram a natureza dos diferentes modos de ensino de matemática, considerados pelos autores como prescrições, que orientam futuros professores durante sua formação. Participaram da pesquisa 24 professores de matemática do EM (19 do sexo feminino e 5 do sexo masculino) que estavam

cursando um curso de métodos de matemática em uma universidade privada no centro da Turquia. Cada professor aplicou um currículo inovador sobre frações equivalentes a um único estudante de Ensino Fundamental ou Médio, gravando a aplicação.

Os resultados sugerem que os participantes selecionam e operam com diferentes modos de ensino. O conhecimento matemático do professor não é o único fator que afeta o ensino; modos de ensino enraizados influenciam e orientam o ensino também. Os resultados surgiram de acordo com as crenças fortemente mantidas pelos professores sobre o ensino e aprendizagem com base em suas experiências prévias de escolaridade, e não em suas experiências em seus cursos. Zembat e Aslan (2016) também descobriram que ter futuros professores operando com um currículo inovador não melhora seu ensino ao ser aplicado isoladamente.

Zeichner (1995) discute que a pesquisa educacional sobre a matemática deve incluir tanto o conhecimento produzido pelo professor como o conhecimento produzido pelos pesquisadores acadêmicos, e assumir a posição de que os processos de desenvolvimento de professores, reforma escolar e formação de professores podem se beneficiar de ocasiões em que o conhecimento acadêmico e docente se cruza, beneficiando a capacitação do professor.

Alsawaie e Alghazo (2010) realizaram um estudo de como o efeito da abordagem baseada em vídeo interfere na capacidade dos futuros professores de analisar o ensino de matemática. Participaram da pesquisa 26 professores de matemática, matriculados em um curso de métodos na Universidade dos Emirados Árabes Unidos. Os professores foram divididos em dois grupos: experimental e controle. O grupo experimental esteve envolvido na análise de aulas de vídeo; eles examinaram dez aulas de vídeo ao longo do semestre, enquanto o grupo de controle não teve auxílio dos vídeos ao longo do semestre. Como resultado, Alsawaie e Alghazo (2010) sugerem que os programas de formação de professores precisam incentivar mais estudos sobre o ensino. Além disso, eles indicam que o uso da metodologia de análise de vídeos foi eficaz para aumentar os conhecimentos dos participantes sobre os problemas de prática, ao direcionar sua atenção e aumentar sua sensibilidade para a aprendizagem do aluno e incentivá-los a pensar mais profundamente sobre estratégias de instrução eficientes, mas não o suficiente para causar diferenças significativas entre os professores que não viram os vídeos auxiliares.

Em sua pesquisa a respeito da formação de docentes, Goodchild (2014) relatou projetos de pesquisa desenvolvimental baseados no estabelecimento de comunidades de investigação que envolvem professores que trabalham em todos os graus e educadores / pesquisadores universitários.

Os professores, segundo Goodchild (2014), se envolvem com a experiência de outros professores extrapolando sua própria experiência de sala de aula, o que oferece um meio de adotar novas abordagens em sua própria prática. Alternativamente, o conhecimento experiencial pode ser explicado a partir de princípios; os relatos dos professores surgem da experiência de outros com quem podem se identificar e cujos relatos da prática podem ser aceitos como "autênticos" e "confiáveis".

Goodchild (2014) conclui que o desenvolvimento do ensino ocorre através de uma extrapolação gradual da prática à medida que os professores implementam abordagens que aprendem com a experiência dos outros e imaginam em sua própria.

Uma estratégia possível de melhorar a didática em sala de aula seria estabelecer como rotina os professores iniciantes assistirem aulas dos professores experientes melhor avaliados pelos alunos, como forma não de punição, mas como compartilhamento de experiências positivas e também para que o professor iniciante pudesse aprender com a prática. Entretanto, para uma prática assim ser aceita pelos docentes, a proposta precisa ser institucional e criar realmente uma cultura de troca.

Lin *et al.* (2014) buscaram explorar o uso do *Facebook* como um ambiente de discussão emparelhado com o *software* de simulação *Packet Tracer* para criar um ambiente de aprendizagem baseado em simulação *collaborative problem-solving* (CPS) e analisar os padrões de processamento cognitivo dos alunos em uma atividade de ensino da CPS, que integra ferramentas de discussão do *Facebook* e *software* de ensino baseado em simulação. Participaram da pesquisa 45 estudantes do *College of Management* de uma universidade no norte de Taiwan.

Este estudo utilizou apenas um pré-teste e pós-teste para avaliar a eficácia da aprendizagem do aluno. Portanto, representa apenas uma compreensão inicial da eficácia da aprendizagem dos alunos.

Lin *et al.* (2014) concluíram que as habilidades de resolução de problemas em colaboração dos alunos melhoraram ao longo do estudo. Foram observados processos cognitivos diversos e contínuos em discussões nas quais foram

demonstradas fases cognitivas de nível superior, tais como aplicação e análise. Esses resultados sugerem que os participantes analisaram e aplicaram conhecimento relevante para CPS em discussões. A atividade proposta de CPS pode ter promovido as habilidades analíticas em profundidade dos alunos. Embora os padrões comportamentais gerais dos alunos em discussões indicassem diversidade e foco em seu processamento cognitivo, com a exceção de "lembrar → entender", ocorreram poucas transferências entre as diferentes fases do processamento cognitivo.

Huang, Gong e Han (2016) relatam em seu estudo sobre *Lesson study* (LS), que tem sido praticado na China como uma forma eficaz de promover o desenvolvimento profissional dos professores por décadas. Este estudo explora se LS melhora o ensino e promove a compreensão dos alunos.

De acordo com os autores, o estudo foi realizado com um grupo de LS, incluindo especialistas em pesquisa de ensino baseado em prática, professores de matemática universitários e professores de matemática na China. Foi observado como os professores participantes deslocaram sua atenção para a aprendizagem dos alunos. Os autores buscam ajudar os professores a melhorar o seu ensino e desenvolver a ligação entre a teoria e a prática.

Já Schuck (2016) introduziu o uso de uma estrutura pedagógica que pode servir de suporte à aprendizagem móvel em programas de formação de professores de matemática. O trabalho discutiu maneiras pelas quais o Quadro Pedagógico Móvel pode contribuir para melhorar a formação de professores de Séries Iniciais (Ensino Fundamental 1) em matemática, usando tecnologias móveis.

O ensino da matemática nos níveis universitários é um dos mais importantes campos de pesquisa na área da educação matemática, de acordo com Khakbaz (2016). No entanto, há pouca informação sobre o ensino de conhecimentos de professores universitários de matemática. *Pedagogical content knowledge* (PCK) fornece um quadro adequado para estudar o conhecimento dos professores. Khakbaz (2016) buscaram no trabalho apresentar a percepção dos professores universitários de matemática sobre o PCK, a partir de entrevistas semiestruturadas com 10 professores universitários de matemática que estavam em diferentes experiências de ensino universitário em matemática.

Como resultado da pesquisa, Khakbaz (2016) indicou um modelo composto por quatro temas cognitivos: o conhecimento sintático da matemática, o

conhecimento sobre o planejamento do currículo matemático, o conhecimento sobre a aprendizagem de matemática dos alunos e o conhecimento sobre a criação de um ambiente influente de ensino-aprendizagem. Além disso, descobriu-se que três temas contextuais influenciaram na PCK para o ensino de matemática em níveis universitários que eram a natureza das disciplinas de matemática, as características dos professores universitários e os termos de ambiente de aprendizagem.

Thabane e Seeletse (2016) realizaram um estudo após perceberem que algumas escolas do bairro da Universidade de Sefako Makgatho (SMU) na África do Sul deram resultados muito baixos em matemática nos últimos anos. Isso foi motivo de preocupação, já que a matemática é utilizada em muitas oportunidades, incluindo a admissão para os programas de Estudos Especiais. Alguns professores de Matemática do SMU fizeram parcerias com escolas locais para preparar os alunos nessas escolas. O objetivo era melhorar tanto o ensino quanto os resultados de matemática. Os professores foram assistidos com conceitos matemáticos de maior dificuldade.

Considerando as pesquisas relatadas e a necessidade de se repensar o ensino da matemática no ensino superior, Bazzo, Pereira e Bazzo (2014, p. 108) alertam que a educação deve “permitir o crescimento intelectual e estimular a criatividade dos estudantes para identificar fatores limitativos”.

D’Ambrósio (2012) afirma que a matemática passa por uma grande transformação a partir da mudança profunda de meios de observação, de coleção de dados e processamento destes dados, além do fato de a matemática ser muito afetada pela diversidade cultural. “Não apenas a matemática elementar..., mas também se reconhece diversidade naquilo que chamamos matemática avançada ou matemática universitária e a pesquisa em matemática pura e aplicada” (D’AMBRÓSIO, 2012, p. 58).

Cury (2004, p. 49) relata que conseguiu detectar, com o passar dos anos, que algo foi feito em relação aos altos índices de reprovação em disciplinas elementares de matemática: “o nível de exigência, nas avaliações de aproveitamento nas disciplinas, havia silenciosamente e vagarosamente sido rebaixado”, o que ocorreu tanto no grau de dificuldade das avaliações quanto nos critérios para a correção das mesmas. Entretanto, esse rebaixamento “não afetou significativamente o nível de reprovação e baixou a qualidade do aproveitamento dos aprovados” (CURY, 2004, p. 49), sendo então uma ação negativa que não trouxe benefícios.

Partindo dessa análise, Cury (2004) relata que começou a trabalhar com os alunos o domínio do raciocínio, solicitando nas avaliações justificativas para as respostas, tentando fazer com que os alunos refletissem sobre o raciocínio realizado, o que demonstrou que a maioria dos alunos que ingressam na universidade desconhece a lógica matemática e não compreendem a linguagem matemática, cujo quadro não se modifica, mesmo após a aprovação em mais de uma disciplina.

Os alunos apresentavam muitas dificuldades de relacionar algoritmos com os conceitos, resumindo a aprendizagem em aprender a utilizar alguns algoritmos mecanicamente. Ainda, demonstraram muita dificuldade de justificar suas respostas, tanto pela pobreza de linguagem como por considerar que “raciocinar e fazer era a mesma coisa” (CURY, 2004, p. 50), demonstrando a dificuldade em identificar o raciocínio na resolução de exercícios.

A autora considera que no ingresso nas disciplinas básicas de matemática na universidade é preciso adotar e utilizar um material didático consistente, com todo conteúdo a ser aprendido. Também salienta que a atuação do professor deve ser consistente com esse material e que vá além, incluindo atividades que obriguem o aluno a “desenvolver sua capacidade de leitura de um texto matemático” (CURY, 2004, p. 51).

A realidade nas universidades demonstra a dificuldade em resolver o problema das reprovações, especialmente aqui, nas disciplinas matemáticas. Atualmente, a universidade tem um grande número de alunos e professores, e novos estudos devem ser realizados buscando melhorias que não recaiam em soluções de fachada. Entre os cursos universitários, os cursos de Engenharia estão entre os que mais reprovam em disciplinas matemáticas.

Na busca por uma educação inovadora, é preciso pensar a matemática universitária como a continuação de um processo construtivo, no qual o educando avança por seu próprio conhecimento, acertando e errando a partir da orientação do professor. É importante que a matemática seja associada ao mundo real, sendo aplicada em situações diárias, a fim de perceber e associar sua necessidade.

Quando o professor consegue proporcionar o ensino da matemática de modo criativo, dinâmico e atrativo, é capaz de desenvolver no aluno o senso crítico, acreditando em sua capacidade mental, raciocínio lógico-matemático e a rotina de usar suas potencialidades com poder criativo, investigativo e eficaz.

O relato das dificuldades encontradas de modo geral na universidade se estende aos cursos de Engenharia, as quais são reconhecidas e discutidas no Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE), evento que ocorre anualmente e discute diretamente o Ensino na Engenharia. A discussão acerca deste tema será apresentada na próxima seção.

2.6 ENSINO-APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA NA ENGENHARIA

De modo geral, a Matemática nos cursos de Engenharia está envolvida nas disciplinas de Cálculo, cujo caráter de indispensabilidade é justificado no meio acadêmico. De acordo com Rezende (2003), a matemática é um “suporte” para a evolução da ciência e o desenvolvimento de tecnologias novas. O cálculo é considerado pelo autor como imprescindível durante a formação do cidadão, visto que resolver problemas do cotidiano “são habilidades cada vez mais requisitadas para o exercício pleno da cidadania em uma sociedade de crescente complexidade” (REZENDE, 2003, p. 37).

Zarpelon (2016, p. 29), ao afirmar que “os índices de insucesso frente a essa disciplina são preocupantes”, realiza uma pesquisa para analisar variáveis a fim de entender se elas são significativas para a reprovação dos alunos ingressantes nos cursos de Engenharia na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I. A autora conclui em sua pesquisa que seis (das sete variáveis investigadas) interferem de algum modo no desempenho do aluno ingressante na disciplina de Cálculo I. As sete variáveis investigadas foram: nota de matemática no ENEM, pesos para as provas do ENEM, período de ingresso no curso, carga horária semanal de aulas, desempenho no teste diagnóstico, desempenho nos testes semanais e comprometimento acadêmico. De acordo com a autora, apenas o desempenho nos testes semanais não interferiu no desempenho em CDI I.

De acordo com Hensel, Sigler e Lowery (2008, p. 01), disciplinas de Cálculo serviram historicamente como um processo de seleção em muitos cursos de Engenharia e a dificuldade apresentada pelo aluno para ser aprovado justifica grande parte do abandono do curso no primeiro ano.

Cury (2004) salienta que há poucos trabalhos apresentados no COBENGE

(evento voltado diretamente ao Ensino de Engenharia) a respeito de disciplinas de matemática na engenharia e formula a hipótese de que “os professores de disciplinas matemáticas não se consideram professores dos cursos de Engenharia e, por isso, não se propõem a apresentar seus trabalhos em congressos de ensino dessa área” (CURY, 2004, p. 142-143).

Alguns dos trabalhos apresentados no COBENGE apresentam estratégias como sugestão para os problemas encontrados no ensino da matemática nos cursos de Engenharia, entre as quais podem ser citadas: promoção de cursos de nivelamento para calouros, inserção de plataformas educacionais; trabalho específico com os professores de matemática das engenharias para evolução das concepções epistemológicas; uso de outras metodologias de ensino a fim de melhorar a base conceitual dos alunos; uso de novas tecnologias e calculadoras gráficas; utilização de metodologias ativas; realização de acompanhamentos semanais com atividades extraclases, entre outras.

É importante que o professor se sinta parte do processo de formação dos engenheiros. O fato dos professores de matemática não estarem lotados nos departamentos de engenharia realmente existe, mas nem por isso esse fator deve ser excludente ou proporcionar menos responsabilidade a esses docentes.

Contudo, professores do departamento de engenharia ou não, aprender matemática nos cursos de engenharia não é nada fácil. Cury (2004, p. 246) considera que aprender matemática nos cursos de engenharia

Está relacionado à construção e ao estabelecimento de relações entre o novo e o que já se conhece, então, para ensinar, não é suficiente expor e dar informações, mas principalmente, incentivar o aluno a pensar, fazer conjecturas, a ler e interpretar informações e, com base nelas, deduzir formas de resolver problemas, interagindo com colegas, refletindo sobre as ações desenvolvidas e tomando decisões.

Aprender dessa forma favorece para que o aluno construa relações com a prática e tenha uma aprendizagem com significado.

No decorrer de cursos de Engenharia, apesar de a Matemática fazer parte do currículo básico para o ingresso no Ensino Superior, também se verifica em autores como Gynnild, Tyssedal, Lorentzen (2005) relatos da dificuldade dos alunos de Engenharia em utilizar os conhecimentos matemáticos adquiridos durante o Ensino Superior, no contexto do trabalho profissional, mesmo tendo em seus currículos princípios básicos de Matemática para resolver problemas práticos.

Há estudos e pesquisas voltadas para o ensino de matemática nos cursos de engenharia, proporcionando resultados de interesse no intuito de aproximar esse ensino ao contexto contemporâneo, o que demonstra que há uma preocupação vigente na construção pelos docentes de novos saberes que propiciam novas práticas. “A investigação e a realização de experiências, acompanhadas de suas análises, são determinantes na construção de novos afazeres” (CURY, 2004, p. 247). É muito importante a coerência entre o que se pensa e concepções sobre o fazer docente, pois a docência não é neutra.

Assim, o conhecimento sobre a dificuldade e problemas enfrentados pelos alunos são primordiais para o reconhecimento do papel do professor e para a busca de artifícios para a mudança do próprio professor e de sua prática pedagógica, refletindo em alterações na formação dos alunos contemporâneos.

Yanuschik, Pakhomova e Batbold (2015) pesquisaram o problema do ensino de matemática para estudantes não falantes da língua-nativa de uma Universidade de Engenharia. O objetivo dos autores era determinar o melhor modelo de *e-learning* para o ensino de um curso de matemática. Os participantes da pesquisa foram os estudantes internacionais que iniciaram seus estudos em universidades russas.

Yanuschik, Pakhomova e Batbold (2015) mostram que o *e-learning* deve ser introduzido gradualmente, e relacionado ao cotidiano dos alunos. A instrução assistida via *web* baseada em conferência ainda é um dos formatos de *e-learning* mais eficazes. Observou-se que esse formato educacional possibilita tornar o currículo realmente atraente, eficiente, flexível, econômico e conveniente dentro do quadro da educação tradicional, aproveitando ao máximo a tecnologia e os talentos dos professores com a eficiência. Se usada sistematicamente, a instrução assistida via *web* assenta no esforço em cada aluno, o que resulta em maior eficiência instrucional. Concluíram que o uso do *e-learning* no processo educacional melhora a qualidade do treinamento prático e proporciona uma melhor compreensão do curso.

Minda *et al.* (2015) relatam que a matemática é muitas vezes considerada difícil pelos alunos, conseqüentemente aparece como um elemento curricular pouco atraente e um tipo de bloqueio ocorre no processo de aprendizagem. Isso acontece porque alguns aspectos são apresentados de forma abstrata, os alunos não têm a possibilidade de visualizar os resultados ou interpretar esses resultados com aspectos conhecidos da vida real. Uma boa maneira de visualizar resultados de conceitos matemáticos é a sua apresentação de forma gráfica, o que é possível

usando *softwares* ou construindo instrumentos virtuais, sendo motivador pelo fato de que a experiência revela a atratividade de computadores e linguagens de programação na educação.

Minda *et al.* (2015) propuseram avaliar a melhora das habilidades matemáticas pelo uso de instrumentos virtuais. De acordo com este estudo, os alunos aceitam usar instrumentos virtuais no processo educacional, sendo atraídos pela flexibilidade e versatilidade dessas ferramentas que podem mudar a dinâmica social das salas de aula.

A instrumentação virtual, conforme Minda *et al.* (2015), vem ajudar os alunos, juntamente com seminários e resolução de problemas, a compreender melhor os fenômenos, tornar a autoaprendizagem acessível e interpretar os resultados obtidos, além de melhorar as habilidades matemáticas nos domínios de engenharia.

García *et al.* (2014) apresentam um modelo para o uso integrado do *Computer Algebra Systems* (CAS) e descrevem e analisam dois experimentos realizados no ano letivo de 2011-2012. Um CAS pode ser definido como um *software* com capacidades numéricas, gráficas e simbólicas. Suas origens podem ser encontradas nos anos sessenta. Nesse período, o uso do CAS foi basicamente reduzido a realizar cálculos matemáticos para a pesquisa científica. No final dos anos oitenta, CAS, como *Derive*, *Mathematica*, *Maple*, começaram a ser usados como ferramentas de ensino (GARCÍA *et al.*, 2014). Lentamente, as versões mais fáceis de usar e com melhores desempenhos levaram o CAS a se tornar um importante instrumento de ensino. Os livros didáticos também começaram a incluir exemplos e exercícios usando CAS. Ainda teve espaço para um interessante debate envolvendo os currículos e os métodos de ensino do CAS.

No desenvolvimento da pesquisa, García *et al.* (2014) realizaram duas experiências diferentes envolvendo dois tópicos diferentes: Álgebra Linear e Processamento de Sinal. O objetivo de ambas foi desenvolver competências genéricas (autoaprendizagem, resolução de problemas, trabalho em equipe, uso da tecnologia) junto a competências matemáticas específicas de cada disciplina. De acordo com os autores, isto foi conseguido promovendo o trabalho cooperativo e autônomo com os alunos, bem como o uso orientado de *software* matemático.

García *et al.* (2014) afirmam que o uso do CAS nos exames e provas permite a avaliação de diferentes aspectos da aprendizagem. Determinadas

habilidades de cálculo perdem relevância e é mais fácil avaliar o nível de competências matemáticas. Conclui que é possível melhorar algumas competências genéricas enquanto os alunos também adquirem competências matemáticas específicas. Os alunos tiveram uma grande aceitação da experiência.

Esperança (2015) relatou como ocorria o ensino da matemática dos cursos complementares no Instituto Ginásial Júlio de Castilhos em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, mostrando as questões das provas de Matemática da época de 1900 e apresentando uma discussão sobre o ensino de Matemática nos Cursos Complementares Pré-Médico e Pré-Técnico, que funcionaram no Instituto Júlio de Castilhos no período de vigência da Reforma Francisco Campos.

A reforma Francisco Campos (1931) ocorreu a partir da publicação de vários decretos que efetivaram a legislação educacional. Estruturou e centralizou para o Governo Federal os cursos superiores, o ensino secundário e o ensino comercial (EM profissionalizante). Não contemplou ensino primário nem o normal, que continuaram sobre responsabilidade dos Estados.

A Reforma Francisco Campos conferiu nacionalmente a modernização do ensino secundário brasileiro, aumentando a duração de cinco para sete anos e foi dividido em dois ciclos: o primeiro chamado “fundamental” com cinco anos de duração, era comum a todos os estudantes secundaristas e tratava-se de formação geral enquanto a segunda fase foi chamada de “ciclo complementar” com duração de dois anos, introduzia para o curso superior e apresentava três opções: curso jurídico, curso de medicina, farmácia e odontologia e engenharia ou arquitetura.

O Instituto Júlio de Castilho tem sua origem relacionada à Escola de Engenharia e outros institutos técnicos do final do século XIX. Na época entre 1930 e 1945, o Instituto Júlio de Castilhos já iniciava a Matemática como a união de Aritmética, Geometria e Álgebra. Esperança (2015) também buscou analisar como os conteúdos de Matemática apareciam nas questões das provas e o que os professores participantes da banca que faziam as questões esperavam que os alunos soubessem.

Na referida situação, os professores que criavam estas provas não eram formados em matemática, pois o curso ainda não existia. Eram engenheiros que faziam parte também do corpo docente da Escola de Engenharia de Porto Alegre. Eles precisavam demonstrar habilidades com as matemáticas avançadas nos cursos de Engenharia para conseguirem dar aulas de matemática nos cursos

complementares (cursos de 2 anos), a serem realizados após os 5 anos do curso fundamental. Foram analisadas para o estudo questões das provas realizadas em 1936 e 1937 com turmas do Pré-Técnico e Pré-Médico.

Esperança (2015) concluiu que, no Instituto Júlio de Castilhos, os professores ensinavam a matemática que aprenderam nos cursos de Engenharia, mas sem deixar de relacionar com a orientação do Instituto, que era preparar os futuros alunos da Escola de Engenharia. Concluiu também que “para estudar a história da educação escolar precisamos levar em conta não apenas a legislação vigente, mas a cultura escolar peculiar a cada instituição” (ESPERANÇA, 2015, p. 40).

Essa questão de ensinar do modo que aprenderam continua vigente na fala de alguns professores. Há certo tipo de tradição, especialmente entre os professores que não possuem formação pedagógica, que os alunos “precisam” passar pelas mesmas dificuldades encontradas por eles nos cursos de Engenharia.

Primi *et al.* (2002) buscaram verificar se haveria alguma relação entre a habilidade cognitiva requerida e a área de conhecimento. Assim, 960 alunos ingressantes de 8 cursos participaram da investigação das conexões entre medidas de raciocínio e conhecimento. No texto, o autor explica que a inteligência fluída é a capacidade de processamento cognitivo, ou seja, a “capacidade geral de relacionar ideias complexas, formar conceitos abstratos e derivar implicações lógicas, a partir de regras gerais em situações relativamente novas (para as quais existem poucos conhecimentos previamente memorizados)” (PRIMI *et al.*, 2002, p. 48). Já a dimensão cristalizada, refere-se “à profundidade das informações adquiridas, via escolarização que, geralmente, são usadas na resolução de problemas semelhantes aos que se aprendeu no passado” (PRIMI *et al.*, 2002, p. 48), ou ao acúmulo de conhecimentos.

Outro fator citado por Primi *et al.* (2002) é se as medidas de raciocínio e conhecimento são as mesmas considerando o tipo de curso, pois há conteúdos também diferentes, supondo que pode haver resultados diferentes se avaliar o desempenho individual de acordo com os cursos.

Com os resultados da pesquisa, Primi *et al.* (2002) concluíram que, dependendo do curso considerado, diferentes configurações de habilidades emergem como mais importantes, pois em alguns cursos como Medicina, Engenharia Civil e Matemática, o aproveitamento acadêmico surgiu mais associado

à inteligência fluída, considerando-a como operações mentais que o aluno utiliza quando enfrenta situações relativamente novas, nas quais os conhecimentos habituais são insuficientes. Entretanto, outros cursos como Letras e Pedagogia, o aproveitamento está mais associado à inteligência cristalizada, o qual ocorre principalmente por meio da linguagem verbal. Em cursos como Administração e Psicologia, “o aproveitamento parece depender simultaneamente das inteligências fluída e cristalizada” (PRIMI *et al.*, 2002, p.53).

Partindo dos resultados acima, é possível concluir que há uma diferenciação do “intelecto no desenvolvimento cognitivo adulto, cujos estudos têm investigado as relações entre habilidade, interesses e personalidade” (PRIMI *et al.*, 2002, p.53), pois o grupo de cursos como Medicina, Engenharia e Matemática ficaram mais ligados aos interesses realistas e investigativos, associados à inteligência fluída, enquanto outro grupo de cursos como Pedagogia e Letras ficaram mais ligados a interesses artísticos, associando-se a habilidades verbais, ou seja, à inteligência cristalizada.

De acordo com os autores, ainda é possível concluir que à medida que o aluno progride no seu percurso acadêmico, as habilidades cognitivas podem se diferenciar, dependendo do curso cujo desempenho se analisa.

Ferruzzi e Almeida (2015) publicaram um texto nominado “Diálogos em modelagem matemática” com o intuito de explorar as relações que surgem durante a aplicação de atividades de matemática ao discutir o papel da Modelagem Matemática para o estabelecimento de interações, cujas características favorecem a aprendizagem.

A Modelagem Matemática pode ser considerada como algo a ser alcançado, um objetivo, o imaginável, buscando a interação do lado científico com a realidade vivenciada pelos alunos. Requer criatividade para questões inovadoras, que estão em constante transformação cultural e social. Ferruzzi e Almeida (2015) relataram que há muitas interações que contribuem positivamente para a aprendizagem, referindo-se a elas como “diálogos”. Em sua pesquisa, Ferruzzi e Almeida (2015) analisaram 18 interações, das quais 11 foram caracterizadas como “diálogo”, com um grupo de alunos de Engenharia Ambiental de uma universidade pública.

De acordo com Ferruzzi e Almeida (2015, p. 379), durante o desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática em sala de aula, os alunos realizam pesquisa “por informações sobre o fenômeno a ser estudado; a

identificação e seleção de variáveis; a elaboração de hipóteses; a simplificação do problema; a obtenção e validação de um modelo matemático”. Normalmente, os alunos realizam as atividades em grupo e os encontros com interações com alunos e docentes são considerados essenciais para a aprendizagem.

Os autores concluíram que algumas ações dos alunos, no decorrer das atividades, não são exclusivas de interações; entretanto, ao serem explicadas aos outros do grupo, atuam como colaboradoras, assim como “reorganizadoras do pensamento, promovendo a estruturação e novas aprendizagens” (FERRUZZI; ALMEIDA, 2015, p. 392). Isso porque o aluno precisa compreender e ser compreendido, refletindo sobre seu pensamento. No desenvolvimento dos procedimentos em grupo, o diálogo sobre o que estão fazendo e a troca de conhecimentos pode propiciar maior aprendizagem na resolução das situações problemas.

Alves *et al.* (2016) relataram que o sucesso na aprendizagem da Matemática nos cursos de Engenharia constitui um campo emergente de pesquisa. A pesquisa foi desenvolvida com estudantes de dois cursos de Engenharia da Universidade do Minho, Portugal, baseada em três grupos focais, visando “investigar as atitudes dos estudantes na aprendizagem de conceitos matemáticos e averiguar os fatores que influenciam a sua experiência no processo de aprendizagem” (ALVES *et al.*, 2016, p.259).

No decorrer da pesquisa, Alves *et al.* (2016) disseram que os alunos consideram alguns fatores como “influenciadores da aprendizagem de conceitos matemáticos”, como a metodologia do professor, currículo das disciplinas e tipo de aula ministrada. Também citaram, como motivos de desmotivação na universidade, a ausência de aplicabilidade prática dos conceitos.

Os estudos demonstraram que a Matemática está bem presente nos cursos de Engenharia, pois já no currículo do primeiro ano constam Unidades Curriculares (UC) da área da Matemática que são fundamentais para a evolução a conhecimentos específicos individuais dos cursos. A ausência de uma base Matemática bem consolidada prejudica a aprendizagem nas unidades curriculares específicas dos cursos de Engenharia.

Cury (2004, p. 181) complementou que é importante que cada sujeito se situe em classe e assuma seu compromisso. O professor precisa refletir sobre o processo ensino-aprendizagem, adequando sua prática sempre que necessário,

enquanto o aluno precisa estar disposto a assumir sua própria aprendizagem, além de “querer ser profissional”. A avaliação é um item importante nesta etapa, pois quando o aluno chega ao final do processo, considerando os objetos matemáticos difíceis, mas ainda estimulado a querer resolver, venceu uma etapa de extrema importância para a sua formação profissional. A avaliação, sendo uma etapa fundamental no processo educacional, indiferente ao nível, será amplificada na sequência.

2.7 AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Com o passar do tempo e a evolução da educação brasileira e de seus instrumentos de avaliação, há uma preocupação de estudiosos em discutir a avaliação da aprendizagem escolar. Mesmo com estudos a respeito, questiona-se porque há tantas diferenças observadas entre os alunos de uma mesma turma, que possuem o mesmo professor, mesma explicação e mesma forma de avaliação. Para que serve a avaliação? Quais seus objetivos? Como se constitui? Qual formação os docentes tem para avaliar?

O conceito de avaliação é amplo e pode apresentar diversas classificações. Normalmente utilizada quando é necessário realizar-se uma apreciação sobre dados a fim de tomar decisões sobre o trabalho. Vasconcellos (2006, p. 53) afirma que a “avaliação é um processo abrangente da existência humana, que implica uma reflexão crítica sobre a prática, no sentido de captar seus avanços, suas resistências, suas dificuldades e possibilitar uma tomada de decisões”, a qual deve determinar o que é possível fazer para superar os obstáculos.

Valadares e Graça (1998, p. 44) relacionam alguns princípios gerais da avaliação:

- A avaliação é parte integrante do processo ensino aprendizagem;
- A avaliação exige uma prévia e clara definição daquilo que se pretende avaliar e dos fins em vista;
- A avaliação exige a escolha de várias técnicas e instrumentos em função dos objetivos e metas;
- A avaliação exige que se tire partido dos pontos fortes de cada instrumento e se reduza ao mínimo o efeito de seus pontos fracos;
- A avaliação é um meio para atingir um fim (a aprendizagem dos alunos) e não um fim em si mesmo.

A avaliação é um dos cinco componentes comuns da educação (NOVAK; GOWIN; VALADARES, 1996). Os outros, de acordo com Schwab (1973), são: ensino (professor), aprendizagem (aluno), currículo (conhecimento) e meio social (contexto). Durante o processo de ensino-aprendizagem haverá esses cinco elementos, com mais ou menos intensidade, portanto a avaliação está internamente ligada ao processo de aprendizagem. O modo como o professor percebe como ele ensina, e qual é o seu papel na aprendizagem, direciona para os tipos de avaliação.

Ao se discutir a democratização do Ensino, é visível um grande avanço, especialmente do Ensino Fundamental e Médio, pois dados comprovam uma expansão das matrículas, a ponto de se afirmar que o Brasil universalizou o acesso a estes níveis.

Mas, ao mesmo tempo, “a maioria dos pesquisadores, administradores e educadores afirmam que a produtividade do sistema apresentou, concomitante e progressivamente, os mais baixos índices de conclusão com sucesso” (ROMÃO, 2011, p. 39) do nível Fundamental e Médio. Dados de avaliações externas mostram que os concluintes não apresentam o desempenho desejável a seu nível, o que faz questionar que, à medida que o acesso aumenta a qualidade diminui? Romão (2011) afirma que não, pois, na verdade, a escola anterior era excludente e para uma minoria, portanto os alunos já eram selecionados.

A avaliação da aprendizagem escolar não pode se atentar apenas aos indicadores do projeto pedagógico, mas também ao contexto ao qual as relações sociais ocorrem e ao projeto social em que está inserida, pois ocorre uma formação social historicamente determinada. A escola acaba desenvolvendo “seus próprios instrumentos de seletividade e dominação” (ROMÃO, 2011, p. 39), além de reproduzir os mecanismos da sociedade à qual está inserida no atual contexto histórico.

A nota é o recurso mais utilizado para quantificar a aprendizagem. De acordo com Fleuri (1986, p. 85), “a nota serve para indicar o quanto o aluno aprendeu! Dessa forma, promoverá aqueles que estiverem preparados para exercer sua profissão e reterá os que não estiverem aptos”, porém Fleuri (1986) complementa que essa afirmação diariamente é contestada pelo cotidiano escolar, quando se percebe que o aluno não aprendeu tanto quanto a nota representa.

A nota, seja em número, conceito, menção, é uma exigência formal do sistema educacional. A prova é uma das formas de avaliar e um dos instrumentos de

se gerar nota, no entanto, é possível atribuir nota sem ser por meio de provas, assim como avaliar sem ser por nota (VASCONCELLOS, 2006). De acordo com Both (2007, p. 89), é possível utilizar-se de muitos instrumentos que visem contribuir para a melhoria do desempenho do aluno, visando sempre à aprendizagem dos conteúdos, como: “questionários, entrevista, estudo de caso, *portfolio*, seminário, debate, trabalho em grupo, relatório individual, autoavaliação, conselho de classe ou conselho pedagógico, prova objetiva, prova dissertativa, relatório individual”, mas o instrumento precisa promover a aprendizagem para ser efetivo.

A avaliação do processo de ensino-aprendizagem é um tema discutido ao longo dos anos, com a percepção de que se apresenta de formas variadas, considerando as razões de sua prática e que “sempre foi uma atividade de controle que visava selecionar e, portanto, incluir alguns e excluir outros” (GARCIA, 2001, p. 29). Nos tempos atuais, a avaliação da aprendizagem é considerada como meio para vários fins, como diagnosticar, acompanhar, orientar os avanços dos alunos, visto que, a partir do momento que acontece no conjunto das relações sociais, é “[...] impulsionada por motivos específicos e orientada para uma finalidade consciente” (FRANCO, 1991, p. 24).

No Brasil, as primeiras experiências relacionadas à avaliação ocorreram há mais de 400 anos, com a iniciativa dos padres jesuítas (BOTH, 2007), mas hoje está a “serviço de uma pedagogia dominante que, por sua vez, serve a um modelo social dominante, o qual, genericamente, pode ser identificado como modelo social liberal conservador, nascido da estratificação dos empreendimentos transformadores”, que resultaram na Revolução Francesa (LUCKESI, 2005, p. 29). As pedagogias hegemônicas que surgiram após a Revolução Francesa ainda estão a serviço do modelo social liberal conservador.

Luckesi (2005) afirma que o modelo liberal conservador da sociedade originou três pedagogias diferentes, entretanto com o mesmo interesse em conservar a sociedade na sua configuração:

a pedagogia *tradicional* centrada no intelecto, na transmissão de conteúdo e na pessoa do professor; a pedagogia *renovada* ou *escolanovista*, centrada nos sentimentos, na espontaneidade da produção de conhecimento e no educando com suas diferenças individuais; e, por último, a pedagogia *tecnicista*, centrada na exacerbação dos meios técnicos de transmissão e apreensão dos conteúdos e no princípio do rendimento. (LUCKESI, 2005, p. 30).

As três pedagogias visavam atingir a equalização social, a qual não pôde ser

atingida porque o modelo social não permitiu, o que só seria possível em outro modelo. Assim, as três pedagogias objetivavam garantir o sistema social em sua integridade, onde surgiram as “definições pedagógicas, ou seja, como se deve dar a relação educador e educando, como deve ser executado o processo de ensino e aprendizagem, como se deve proceder a avaliação, etc.” (LUCKESI, 2005, p. 30).

Neste contexto, surgiu a necessidade de outro modelo social, em que a igualdade entre os seres humanos e sua liberdade ocorresse de modo concreto, surgindo a pedagogia chamada de libertadora, inspirada no educador Paulo Freire, com a ideia de transformar a partir da emancipação das camadas populares, a partir da conscientização cultural e política fora do ambiente escolar.

Em seus estudos, Freire (1987) relaciona dois grupos de pedagogias: uma com objetivo de domesticação dos educandos (visando a conservação da sociedade, adaptação e enquadramento dos alunos no modelo social) e outro com a pretensão de humanização dos educandos (visando oferecer aos alunos meios pelos quais possam ser sujeitos do processo). Estes grupos exigem práticas diferentes de avaliação da aprendizagem, visto que estão relacionados a dois modelos sociais diferentes.

O primeiro grupo relacionado ao modelo liberal conservador envolve uma avaliação autoritária. “A avaliação educacional será, assim, um instrumento disciplinador não só das condutas cognitivas como também das sociais, no contexto da escola” (LUCKESI, 2005, p. 32). Já a avaliação nas pedagogias preocupadas com a transformação deve superar o autoritarismo e estabelecer autonomia do educando, pois exige a participação democrática de todos. Nesse novo modelo social, “a avaliação educacional deverá manifestar-se como um mecanismo de diagnóstico da situação, tendo em vista o avanço e o crescimento e não a estagnação disciplinadora” (LUCKESI, 2005, p. 32).

Romão (2011, p. 60) reduziu as concepções de educação a dois grupos:

se encaramos a vida como algo dado, tendemos para uma epistemologia positivista e, conseqüentemente, para um sistema educacional perseguidor de “verdades absolutas” e “padronizadas”. Se, pelo contrário, encaramos a vida como processo, tendemos para uma teoria dialética do conhecimento e, por isso mesmo, engendradora de uma concepção educacional preocupada com a criação e a transformação.

Na primeira concepção, Romão (2011) constatou a construção de uma “teoria de avaliação baseada no julgamento de erros e acertos que conduzem a

prêmios e castigos” (ROMÃO, 2011, p. 60) enquanto que a segunda potencializa uma “concepção avaliadora de desempenhos de agentes ou instituições, em situações específicas e cujos sucessos ou insucessos são importantes para a escolha das alternativas subsequentes” (ROMÃO, 2011, p. 60-61).

A maioria dos professores considera a primeira concepção como “tradicional” e a segunda como “progressista” ou “construtivista”, mas, na realidade, aceitam a primeira como incorporada e aplicada enquanto negam a segunda (ROMÃO, 2011). Entretanto, na prática, se sentem pressionados a vivenciar a segunda por conta do contexto atual da escola e das avaliações, o que pode desequilibrar o docente que vivencia o oposto do que acredita.

Ao desejar uma prática educativa inovadora, é preciso mudar o modo como a avaliação é feita atualmente. Ela não deve ser vista como encerramento de um período determinado, mas como um processo contínuo, diário, que possa proporcionar aos alunos a possibilidade de demonstrar seus conhecimentos. O professor tem papel primordial neste trabalho, visto que partirão dele as transformações para uma consciência crítica.

Grande parte dos pesquisadores, quando tratam da avaliação, aponta em seus trabalhos a existência de uma contradição entre o que se escreve sobre avaliação e o que realmente é aplicado no decorrer do processo. Romão (2011, p. 57) afirma que essa “contradição nasce da autocensura gerada pelo descompasso entre uma imagem idealizada da avaliação (...) e a realidade cotidiana das escolas, condicionadas, estruturalmente, pelo sistema de promoção e seriação”, além das condições reais do trabalho e determinações do responsável pelo processo na conjuntura política do momento.

Isso justificaria a variedade de concepções de avaliação, que surgem com frequência na fala de professores, alunos e pais, de acordo com a prática vigente: “prova, nota, conceito, boletim, aprovação, reprovação, recuperação etc.” (ROMÃO, 2011, p. 57).

Romão (2011) considera que, entre os estudiosos sobre avaliação, há uma batalha infinita pelo “monopólio da verdade e da precisão do conceito, surgindo também uma variação conceitual na razão direta da diversificação das concepções pedagógicas assumidas” (ROMÃO, 2011, p. 57). Há muitos conceitos de avaliação de aprendizagem, o que traz também muitas concepções de educação. Entretanto o número de concepções de ensino existentes não é proporcional aos conceitos de

avaliação de aprendizagem, pois há mais conceitos do que concepções. Moreira (2003) complementa que a avaliação da aprendizagem está relacionada às concepções de ensino e aprendizagem que embasam a ação do docente.

Bloom, Hastings e Madaus (1993) caracterizaram a avaliação do processo ensino-aprendizagem em três tipos: diagnóstica (analítica), formativa (controladora) e somativa (classificatória).

A avaliação diagnóstica permite conhecer a realidade na qual o processo de aprendizagem irá se efetivar, com o objetivo de verificar o conhecimento prévio dos alunos para planejar a sua ação educativa, a fim de tornar o processo mais eficiente e eficaz. Luckesi (2005) afirma que, para a avaliação diagnóstica ocorrer, é preciso compreendê-la e aplicá-la em conjunto com uma concepção pedagógica. Pode ocorrer antes ou durante o processo ensino-aprendizagem. Possui três objetivos: identificar a realidade dos alunos, verificar se apresentam pré-requisitos e habilidades para o processo e identificar as dificuldades apresentadas durante a aprendizagem e suas causas.

A avaliação somativa ou classificatória é a mais tradicional e usualmente mais utilizada, na qual a aprendizagem é medida por meio de provas. Ela “mede o que os estudantes aprenderam no final de certo conjunto de atividades de aprendizagem” (BRANSFORD; BROWN; COCKING, 2007, p. 185).

Bradfield e Moredock (1963, p. 16) refletem em sua definição de aprendizagem a sua postura classificatória de avaliação ao considerá-la como um julgamento de valor, baseado em padrões e critérios previamente estabelecidos: “avaliação é o processo de atribuição de símbolos a fenômenos com o objetivo de caracterizar o valor do fenômeno, geralmente com referência a algum padrão de natureza social, cultural ou científica”.

Hoffmann (2013) complementa que as avaliações e as notas representam ao professor uma rede de segurança, um controle que a escola exerce sobre os alunos, os pais sobre os filhos e professores e o sistema sobre as escolas. Entretanto, esse controle não garante um ensino de qualidade, pois os testes nacionais e as estatísticas indicam uma realidade ineficaz. A impressão que se tem é que quando não há notas e provas, não há aprendizagem, talvez por isso a resistência em se trabalhar com outros tipos de avaliações. Hoffmann (2013, p. 29) salienta que “O sistema classificatório é tremendamente vago no sentido de apontar as falhas do processo. Não aponta as reais dificuldades dos alunos e dos professores (...).

Apenas reforça a manutenção de uma escola para poucos”.

No intuito de aplicar uma prática não classificatória, na década de 90, surgiu a avaliação formativa, com o intuito de ressaltar o papel mediador do professor, essencial para a aplicação de uma avaliação formativa, a qual se desenvolve em benefício ao discente, ocorrendo principalmente pela proximidade entre quem ensina e quem aprende. Bransford, Brown e Cocking (2007) afirmam que as avaliações formativas são essenciais, pois permitem ao professor: compreender as ideias preconcebidas dos estudantes; perceber em que momento estão no caminho do raciocínio informal para o formal e prosseguir planejando os momentos de aprendizagem a partir disso.

De acordo com Hoffmann (2013), não foi bem o que ocorreu, pois surgiu a falsa crença de que “ao se observar os alunos todo o dia, continuamente, ao longo do processo e com a aplicação de tarefas parciais, em média aritméticas, estar-se ia praticando a avaliação formativa – um sério equívoco que persiste” (HOFFMANN, 2013, p, 102), pois muitas observações cotidianas também podem resultar em notas, as tarefas parciais podem ser guardadas para serem corrigidas no final do bimestre, o que leva a uma avaliação classificatória ao atribuir um resultado final ao aluno.

Hoffmann (2013) afirma que, muitas vezes, a avaliação formativa vem conectada a processos classificatórios para resultados finais e decisivos, apontando que a avaliação classificatória permanece ainda que se tente aplicar uma avaliação formativa. Para a avaliação formativa realmente ocorrer, é preciso “acompanhar a evolução dos estudantes, replanejar a ação educativa de forma a oferecer-lhes melhores oportunidades significativas de aprendizagem (avaliação mediadora)” (HOFFMANN, 2013, p. 102), sem somar resultados finais ao processo e substituir a única avaliação do bimestre por provas com menor peso e tarefas parciais apenas.

Para Bransford, Brown e Cocking (2007), as avaliações formativas podem ajudar docentes e discentes a monitorar o seu progresso quando ocorrem no intuito de oportunizar a melhoria do raciocínio, quando o docente auxilia o aluno a perceber seu próprio progresso ao longo do tempo, além de auxiliar os professores a identificar fatores que podem ser melhorados (o que nem sempre é possível perceber sem as avaliações).

Uma escola de qualidade é aquela que realmente dá conta “da realidade social de todos os alunos brasileiros. A escola hoje se insere numa sociedade marcada por muita violência, miséria, epidemias, instabilidade econômica e política”

(HOFFMANN, 2013, p. 21). Para que haja desenvolvimento, é necessária uma educação igualitária, que aceite os alunos desta nova geração em conflito e promova a aprendizagem.

Assim, é possível afirmar que a avaliação não deve ter a intenção de avaliar o que o aluno conseguiu aprender, mas a de “desafiar todos os alunos continuamente a ir adiante, a avançar, confiando em suas possibilidades e oferecendo-lhe, sobretudo, o apoio pedagógico adequado” (HOFFMANN, 2013, p. 102).

Mas avaliar não é fácil e necessita o domínio de conhecimentos e técnicas, além de vivências em momentos efetivos de avaliação. Assim, é possível perceber que há certo despreparo na formação de professores, pois avaliam já num primeiro momento, sem passar pela experiência de observar como os professores mais experientes trabalham. Seria interessante se os recém-formados passassem pela assistência de professores mais experientes no início de sua carreira, a fim de dominarem a técnica avaliativa, mas, para isso, os professores que já estão atuando também deveriam passar por formação. Outra opção seria constituir conselhos de classe efetivos para atribuir como seriam realizadas as avaliações, com que instrumentos, formas de aplicação, correção e resultados. Entretanto, há muita resistência por parte da classe profissional em discutir esses itens com outros professores, dando a impressão que sua competência estaria sendo questionada com práticas que, na verdade, visariam à melhoria do processo avaliativo de aprendizagem.

A avaliação deve avançar no sentido de avaliar a formação global do aluno para que ele seja preparado com qualidade política e técnica nas determinações sociais, sendo considerado além de informar, “propiciar ao aluno a aprendizagem do aprender, isto é, o domínio dos conhecimentos, habilidades e posturas que o capacitem para a atualização” (ROMÃO, 2011, p. 53).

A avaliação acaba se tornando um dilema ao professor, pois ele sabe que o uso somente de procedimentos tradicionais ou habituais funciona como um obstáculo à aprendizagem, assim como o uso somente de avaliações inovadoras pode trazer problemas contextuais quando não é uma prática instituída na escola. Por esse motivo, Moreira (2003) sugere uma combinação entre os procedimentos habituais e os inovadores, pois não há sentido usar novas estratégias de ensino, defender que o aluno deve ser agente no processo de aprendizagem e continuar

com as mesmas e únicas estratégias de avaliação.

Optou-se falar da avaliação, pois para esta pesquisa foram comparados os movimentos oculares entre os alunos com melhor e pior desempenho nas disciplinas de CDI I e CDI II.

2.8 RASTREADOR OCULAR: PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES

2.8.1 Surgimento Inicial do Rastreamento Ocular

O rastreador ocular é uma união de tecnologias que possibilita “medir e registrar os movimentos oculares de um indivíduo perante a amostragem de um estímulo em ambiente real ou controlado, determinando, deste modo, em que áreas fixa a sua atenção (volume de fixações visuais gerado)” (BARRETO, 2012, p. 168-169), além de registrar o tempo de fixação e como a leitura é realizada (sequência de leitura).

Ao analisar os movimentos oculares está se tomando como base a hipótese “*strong eye-mind*”, que acredita que a visualização de uma pessoa indica o pensamento atual no processo cognitivo (CARPENTER, 1988), o que indica que o registro dos movimentos oculares demonstra um traçado dinâmico da atenção do ser humano num campo visual específico.

As pesquisas iniciais na área do rastreamento ocular (*eye-tracking*) foram na área da leitura (MAIA, 2016). Em 1878, um oftalmologista francês chamado Louis Javal observou a olho nu crianças lendo textos e concluiu que seus olhos pareciam não se mover de modo contínuo ao longo dos textos e sim faziam pausas separadas entre si por pequenos pulos (MAIA, 2016). De acordo com Carpenter (1988), esses saltos chegam a atingir altíssimas velocidades. Esses movimentos são denominados de sacadas e se alternam com momentos de pausa, chamadas de fixações.

Além da simples observação visual proposta por Javal, os primeiros métodos para acompanhar as fixações do olho eram invasivos, envolvendo o contato direto com a córnea. De acordo com Barreto (2012), Dodge e Cline desenvolveram, em 1901, a primeira técnica *eye tracking* precisa e não invasiva, aplicando luz refletida na córnea. Em 1930 inicia-se a construção dos primeiros equipamentos *eye tracking*

com lentes de contato.

A técnica de rastreamento ocular foi desenvolvida em vários estudos por toda parte e até hoje tem sido utilizada em áreas diversas e distintas como aviação, automobilística, *marketing*, educação, entre outras (WATANABE, 2013), a fim de contribuir para o conhecimento sobre movimentos oculares e sua relação com os processos cognitivos. Nos diversos contextos, especialmente na área da educação citados nesta tese, o estudo dos movimentos oculares tem o intuito de examinar a atenção visual humana com base na análise da fixação dos olhos em relação à leitura, ao processamento de informações, à resolução de problemas aritméticos, à interações homem-computador, entre outros.

2.8.2 Definição do Rastreador Ocular – *Eye Tracking*

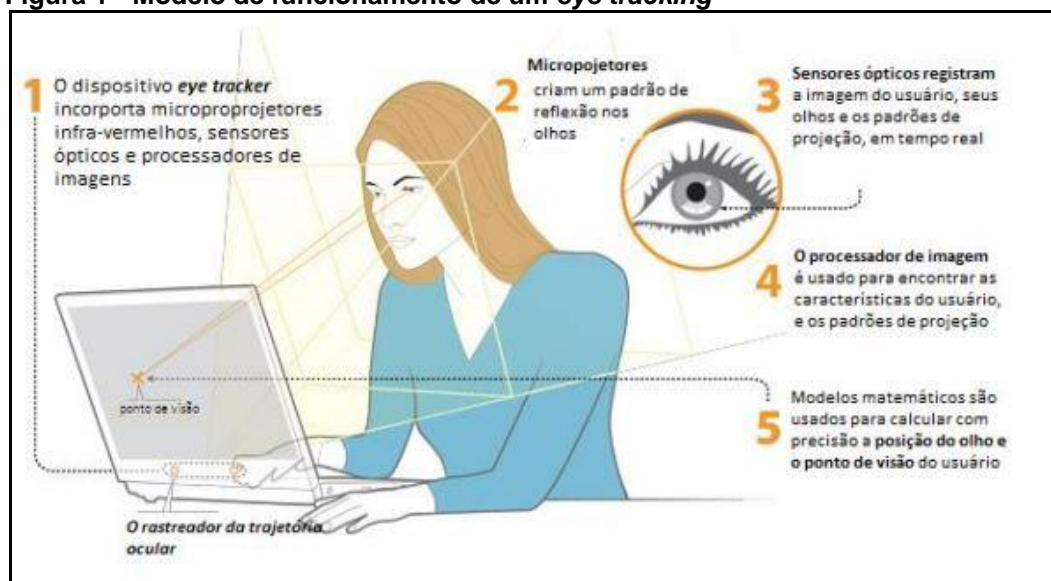
O *eye tracking* é o processo de detectar o olho de um indivíduo e rastrear o movimento do globo ocular, conhecido também como rastreamento da trajetória ocular.

De acordo com Watanabe (2013), a identificação e rastreamento dos olhos consistem em três etapas: “localizar a face, detectar a região dos olhos (linha visual) e extrair as características do olho, rastrear os componentes do olho numa sequência de imagens” (WATANABE, 2013, p. 17).

Desenvolvedores de sistema *eye tracking* preferem que o tipo de saída (*output*) seja realizado por *point of regard* (ponto de interesse), ou seja, através da identificação das coordenadas “x” e “y” do olhar do participante. Esta identificação das coordenadas não ocorria nas duas primeiras gerações dos sistemas *eye trackers*, surgindo, de acordo com Watanabe (2013), a partir da combinação de vídeo baseado na reflexão da córnea e da pupila.

O rastreador ocular utiliza padrões de projeção e sensores ópticos para coletar dados sobre o movimento dos olhos com alta precisão. Grande parte dos rastreadores oculares baseia-se no princípio fundamental da reflexão da córnea (WATANABE, 2013), como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Modelo de funcionamento de um eye tracking



Fonte: <https://www.smivision.com/> Acesso em 26 jun. 2017

O sistema *eye tracker* utilizado nesta pesquisa usa sensores infravermelhos. A posição do olhar é calculada com base no reflexo da córnea e na posição da pupila, o que será melhor detalhado na seção abaixo que trata da visão especificamente. No monitor são projetados os textos a serem lidos.

A fim de iniciar um experimento, é realizada a calibração, em que a pessoa precisa acompanhar até nove pontos na tela, o que pode levar alguns segundos a minutos, variando de acordo com o participante. A calibração é considerada aprovada ao atingir menos de 0,5 graus.

A visão é essencial para o bom funcionamento do rastreador ocular, pois é através dela que os movimentos oculares serão registrados.

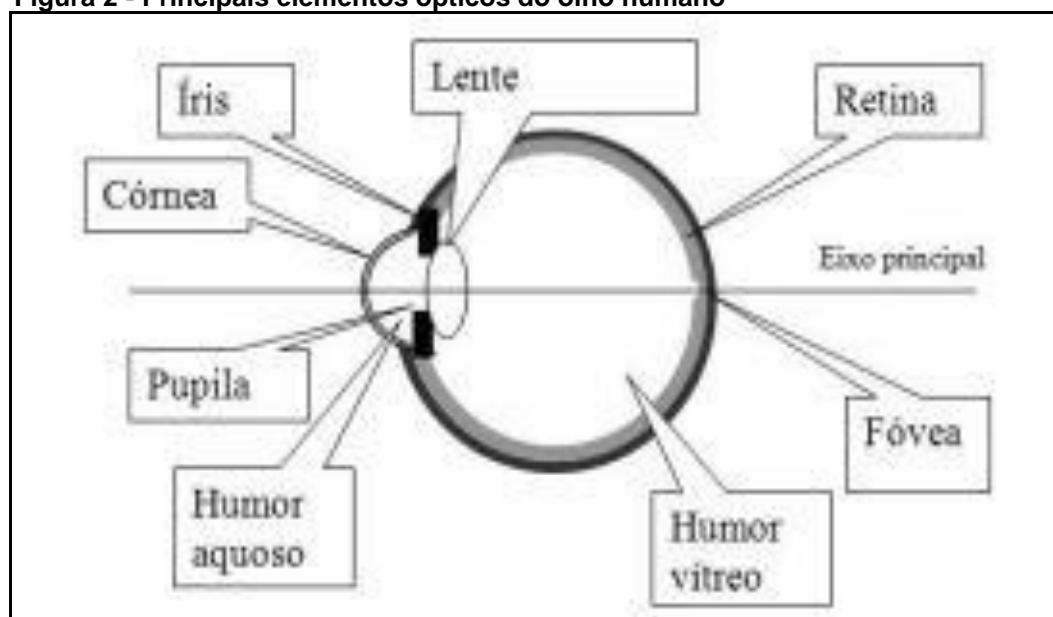
2.8.3 Visão

Quando se fala em visão, sabe-se que o processamento da informação visual é feito pelo sistema nervoso central, ou seja, pelo cérebro. Para que a função visual ocorra satisfatoriamente, é preciso que todo o sistema visual esteja íntegro. Inicialmente há o funcionamento da óptica dos olhos, que focalizam os raios de luz na retina, permitindo em seguida a conversão seletiva e neuro-codificação do estímulo luminoso em impulsos elétricos na retina. Estes sinais elétricos são refinados durante o trajeto pelo sistema visual da retina até as vias superiores para

que originem somente a percepção visual final (PURVES *et al.*, 2005).

Dessa forma, quando se olha para um objeto é a córnea (parte anterior, transparente e externa do olho, que é por onde a luz penetra) que foca inicialmente os raios de luz. Posteriormente, eles entram no globo ocular através da pupila até a lente do olho, o cristalino, localizada exatamente atrás da pupila, que fazem pequenos ajustes de forma a focar os raios de luz na retina. Mesmo com a projeção da imagem na retina sendo invertida, o cérebro processa esta informação de modo correto, o que permite orientação no espaço. A informação é recebida no cérebro no córtex visual primário (região do cérebro que proporciona o exercício da memória visual, a qual permite lembrar algo que não está mais ao alcance dos sentidos). Em seguida, é enviada para o córtex visual secundário (área de associação visual situada na lateral, anterior, superior e inferiormente ao córtex visual primário), de onde é enviada para áreas específicas de processamento (PURVES *et al.*, 2005). A Figura 2 indica os principais elementos ópticos do olho humano.

Figura 2 - Principais elementos ópticos do olho humano



Fonte: Helene; Helene, 2011, p. 3.

A retina é uma membrana interna do olho que capta o estímulo luminoso e transforma em estímulo nervoso para enviar ao cérebro. A retina possui uma região chamada fóvea (aproximadamente do tamanho da cabeça de um alfinete), onde a acuidade visual é máxima. Ela é responsável pela nitidez do que a pessoa enxerga. A fóvea possui cones e bastonetes. Os cones são responsáveis para que se

enxerguem as cores e os bastonetes para se enxergar tons de cinza. Já nas regiões parafoveal e periférica não são adquiridas tantas informações (RAYNER, 1998). A Figura 3 mostra a diferença da visualização nestas três regiões. É possível verificar que: a pessoa no centro bem nítida indica a região foveal; a delimitação de um círculo ao redor da pessoa indica a região parafoveal, onde a imagem ainda é visível, mas não tão fixada, visto que esta região abrange em média 5 graus ao redor da imagem fixada (KLEIN *et al.*, 2015) e o restante da imagem, que não apresenta nitidez, indica a região periférica.

Figura 3 - Região foveal, parafoveal e periférica



Fonte: Hatt (2010).

Klein *et al.* (2015, p. 42) relatam que a região parafoveal “corresponde a 5 graus à volta do ponto fixado, é a zona da qual ainda se consegue tirar alguma informação que possa ser importante para o processamento do estímulo”. Já a região periférica é a área além da região parafoveal, que não é útil para o processamento do detalhe (KLEIN *et al.*, 2015).

Os olhos apresentam mais de um tipo de movimento durante a leitura, os quais serão detalhados a seguir.

2.8.4 Tipos de Movimentos dos Olhos

De acordo com Watanabe (2013), há cinco tipos básicos de movimentos utilizados por primatas comuns: movimentos oculares sacádicos, fixações, perseguições suaves (*smooth pursuit*), convergências e reflexos vestibulo-ocular/nistagmo ótico-cinético (movimentos mínimos associados).

Purves *et al.* (2004) explicam a importância dos movimentos de perseguições suaves (*smooth pursuit*), convergências e reflexos vestibulo-ocular/nistagmo ótico-cinético (tremores e cintilações). Contudo, por se tratar de movimentos muito pequenos, os pesquisadores que trabalham com o registro do movimento dos olhos no processamento da leitura consideram “ruídos”, marcando no equipamento de modo a ignorar estes movimentos, restringindo-se à análise de informações mais específicas como as sacadas e fixações, cuja análise oferece informação essencial para análise (RAYNER, 1998).

Quando a análise está baseada em textos, que é o caso desta pesquisa, as fixações e as sacadas são dois tipos de movimentos oculares observados. Por isso, estes receberão mais atenção nesta subseção. De acordo com Macedo *et al.* (2007), as fixações são breves períodos de tempo durante os quais o olho permanece examinando uma pequena área do estímulo.

As fixações dizem respeito à situação em que os olhos estão relativamente fixos, assimilando ou decodificando a informação, tendo uma duração média de 218 milissegundos, com um intervalo de 66-416 milissegundos (BARRETO, 2012). Dependendo do contexto, elas podem ser interpretadas de forma diferente. Numa tarefa mais complexa, em qual há codificação, um número maior de fixação pode indicar maior interesse no assunto ou tarefa complexa de difícil compreensão (CARPENTER, 1988; JACOB, 1995), mas também pode indicar uma busca de informação, incerteza na compreensão do assunto observado.

A função principal da fixação é analisar detalhadamente o texto no campo foveal, onde a informação é mais facilmente passível de ser obtida (RAYNER, 1998).

Em geral, a localização da fixação dos olhos reflete a atenção enquanto que a duração da fixação do olho reflete a dificuldade de processamento. Especificamente, a duração da fixação varia em tipos de informação (por exemplo, texto ou gráfico) e tipos de tarefas (por exemplo, leitura ou resolução de problemas). Além disso, os locais de fixação e duração refletem as estratégias de leitura dos

indivíduos e os conhecimentos ou experiências anteriores. Os padrões de fixação exibem também estratégias cognitivas dos indivíduos utilizadas em tarefas orientadas pelos objetivos propostos pelo pesquisador.

A leitura sugere um processo constante e frequente, mas na verdade não é. Por meio do rastreador, sabe-se que as fixações ocorrem sobre algumas palavras do texto, omitindo normalmente palavras curtas, considerando-se leitores proficientes. De acordo com Rayner (1998), são consideradas palavras curtas aquelas com duas ou três letras. Mesmo que nem todas as palavras sejam fixadas, todas recebem algum modo de processamento visual, pois se as palavras não demarcadas forem excluídas, o aluno não conseguirá compreender a frase quando apresentada novamente.

Já a sacada é o movimento que o olho executa entre cada fixação. A função primária da sacada é trazer nova parte do texto para a região foveal (onde a focalização da luz ocorre), que é a responsável pela zona de processamento do detalhe e abrange dois graus de ângulo visual (durante a leitura, um grau corresponde a 3-4 caracteres). As sacadas podem ser progressivas (na língua portuguesa, movimento à direita) ou regressivas (movimentos sacádicos em sentido oposto ao da leitura). As sacadas ocorrem em média de 200-250 milissegundos. Muitas sacadas possuem o propósito de mover os olhos para a próxima posição visual.

As sacadas regressivas (sacada que volta atrás em direção ao texto) ocorrem 10 a 15% do total de sacadas durante a leitura (RAYNER, 1998), com a função de retomar a palavra para uma nova inspeção. De acordo com Macedo *et al.* (2007, p. 274), as sacadas curtas numa mesma palavra indicam uma dificuldade “no posicionamento da fixação, enquanto as longas mostram alta taxa no processamento da palavra”. Já as sacadas regressivas maiores que dez letras demonstram um esforço exato por parte do leitor na compreensão do conteúdo (MACEDO *et al.*, 2007).

Das medidas básicas (fixações e sacadas) é possível analisar outras métricas, conforme descreve Barreto (2012, p. 176-177):

- Duração do olhar (*gaze duration, dwell, fixation cluster ou fixation cycle*): duração cumulativa e localização espacial média de uma série de fixações consecutivas dentro de uma área de interesse.

- “*Scanpaths*” (sequência de fixações): descreve uma sequência completa de

sacada-fixação-sacada.

- Taxa de intermitência (pisar de olhos) e tamanho da pupila: a taxa de intermitência e o tamanho da pupila podem ser usados como um índice de carga cognitiva. Uma taxa de intermitência menor indica uma maior carga de trabalho e uma taxa maior pode indicar fadiga. Um aumento da pupila também pode indicar maior esforço cognitivo. Mas outros fatores podem influenciar. Por isso, esses dados são pouco usados nas análises.

- Número total de fixações: deve-se considerar a relação entre o número de fixações e o tamanho da tarefa, pois tarefas longas normalmente requerem mais fixações.

- Número de fixações sobre uma área de interesse: um maior número de fixações indica maior importância para o usuário.

- Duração do olhar fixo sobre uma área de interesse: uma maior duração (fixações longas) são geralmente consideradas como indicadores da dificuldade de um participante na interpretação do conteúdo da área.

- Densidade espacial das fixações: quando as fixações se concentram num espaço menor podem indicar maior eficiência na busca visual.

- Tempo transcorrido até a primeira fixação: quanto menos tempo transcorrer até que o usuário se fixe pela primeira vez numa área de interesse, maior será a capacidade das propriedades gráficas da área atrair a atenção visual. É utilizado em um alvo de pesquisa específica.

Esses indicadores são os mais populares, entretanto o pesquisador deverá avaliar quais e se usará de acordo com a situação, assim como pesquisar outras métricas existentes de acordo com seu objetivo de pesquisa.

Watanabe (2013) afirma que os movimentos de convergência (quando os dois olhos se movem ao mesmo tempo focando algo) são utilizados para fixar os olhos sobre um ponto distante, propiciando a percepção de profundidade.

De acordo com Mezzalana *et al.* (2005, p. 681), as perseguições suaves (*smooth pursuit*), também conhecidas como movimento ocular de rastreamento lento, são o “mecanismo de controle oculomotor que move os olhos com o objetivo de estabilizar a imagem de um alvo na retina”. É quando se acompanha visualmente um alvo em movimento. Para Watanabe (2013, p. 14), “dependendo da amplitude de movimento do alvo, os olhos são capazes de identificar a velocidade do alvo em movimento”.

Mezzalira *et al.* (2005, p. 681) relatam que “o movimento de uma cena visual, através do campo de visão, evoca movimento ocular involuntário e conjugado, denominado nistagmo ótico-cinético”, cujo sistema ótico-cinético funciona com sinais visuais de toda a retina, não somente da fóvea. Para Watanabe (2013), o nistagmo ótico-cinético é um movimento de perseguição suave intercalado com sacadas invocadas para compensar o movimento da retina no alvo. O componente de perseguição suave do nistagmo ótico-cinético aparece na fase lenta do sinal, enquanto o nistagmo vestibular é um tipo similar de compensação do movimento do olho para o movimento da cabeça.

O sistema ótico-cinético está diretamente ligado ao sistema vestibular, já que o real objetivo do sistema ótico-cinético não é acompanhar a movimentação de uma cena visual enquanto o observador fica parado, mas sim, auxiliar o sistema vestibular durante o movimento de rotação, produzindo movimentos oculares apropriados a fim de manter a imagem na retina (MEZZALIRA *et al.*, 2005). Os dois sistemas compartilham o mesmo objetivo de tentar manter a velocidade dos olhos igual e em direção oposta à velocidade da cabeça.

Os dados coletados a partir dos movimentos dos olhos são armazenados para que o pesquisador possa verificar os resultados conforme sua necessidade. É possível realizar alguns tipos de análises de dados.

2.8.5 Aplicações Práticas com o *Eye Tracking*

Dentre os trabalhos encontrados na busca sistematizada sobre o assunto, pesquisadas a partir das palavras-chave: rastreador ocular, matemática, ensino-aprendizagem, *eye tracking*, há pesquisas interessantes (TERRY, 1992; VIGNEAU; CAISSIE; BORS, 2006; TSAI *et al.*, 2012 e 2016; INGLIS; ALCOCK, 2012; SUSAC *et al.*, 2014; MASON; PLUCHINO; TORNATORA, 2016) realizadas com alunos de ensino superior que relatam experiências a partir do registro dos movimentos oculares. O Quadro 1 apresenta dados sobre os trabalhos realizados com o uso do rastreador ocular.

Quadro 1 - Estudos realizados com rastreador ocular

Autor, ano	Título	Objetivos	Sujeitos	Principais resultados
Terry,	The Reading	Investigar a leitura	Alunos	Foram obtidos registros que poderiam ser

1992	Problem in Arithmetic	enquanto os participantes resolviam problemas na aritmética.	de pós-graduação	interpretados de modo a mostrar quais palavras ou numerais eram os objetos da atenção do leitor em qualquer fixação do olho.
Vignea; Caisie; Bors, 2006	Eye-movement analysis demonstrates strategic influences on intelligence.	Explorar as diferenças individuais quantitativas e qualitativas na inteligência.	55 estudantes universitários	Os sujeitos de maior e menor habilidade diferiram em termos de seus padrões de inspeções de itens e matrizes, e vários índices estratégicos emergiram em análises de regressão como preditores significativos do desempenho de Raven.
Merkley; Ansari 2010	Using eye tracking to study numerical cognition: the case of the ratio effect	Verificar como os dados do movimento ocular podem ser usados para investigar os processos neurocognitivos subjacentes ao processamento de grandezas numéricas.	22 participantes	Os presentes resultados demonstraram efeitos principais significativos da razão sobre o número de fixações, bem como um efeito principal significativo do número correto (numericamente maior) versus incorreto (numericamente menor) na duração das fixações. Além disso, os dados da presente investigação também revelaram que os participantes fizeram significativamente mais sacadas.
Inglis; Alcock 2012	Expert and novice approaches to reading mathematical proofs.	Validar provas a partir dos movimentos oculares dos participantes.	Estudantes graduação e pesquisadores ativos.	Ao registrar os movimentos oculares dos participantes à medida que eles liam as provas, Inglis e Alcock (2012) foram capazes de obter <i>insights</i> sobre a sua atribuição de atenção em tempo real durante a validação.
Schneider <i>et al.</i> , 2012	Eye gaze reveals a fast, parallel extraction of the syntax of arithmetic formulas	Investigar, similarmente à linguagem, uma expressão tem que ser lida na sequência enquanto a estrutura sintática está sendo computada ou pode ser lida alternativamente.	Estudantes	A duração de cada fixação variava com a complexidade da operação aritmética em cada etapa. Essas descobertas fornecem fortes evidências de uma organização sintática para o pensamento aritmético, abrindo caminho para uma análise comparativa adicional das diferenças e coincidências na instanciação da recursão em linguagem e matemática.
Tsai <i>et al.</i> , 2012	Visual attention for solving multiple-choice science problem: An eye-tracking analysis.	Empregar uma técnica de rastreamento ocular para examinar a atenção visual dos alunos ao resolver um problema científico de múltipla escolha.	6 estudantes universitários	Ao resolver questões baseadas em escolhas múltiplas, os alunos, em geral, deram mais atenção à alternativa escolhida do que às alternativas rejeitadas e passaram mais tempo inspecionando fatores relevantes do que os irrelevantes.
Chesney <i>et al.</i> , 2013	An eye for relations: eye-tracking indicates long-term negative effects of operational thinking on understanding	Investigar se, e como, os esquemas operacionais afetam negativamente o desempenho dos graduandos nas resoluções de equações.	64 estudantes universitários	Evidências convergentes de movimentos oculares e de desempenho mostraram que os esquemas operacionais às vezes são ativados em vez de esquemas relacionais. Os padrões de movimento ocular que refletiam a ativação de esquemas relacionais estavam especificamente ausentes quando os participantes resolviam equações adicionando todos os números ou

	g of math equivalence.			adicionando os números antes do sinal de igual, mas não quando usavam outros tipos de estratégias incorretas.
Susac <i>et al.</i> , 2014	Eye movements reveal students' strategies in simple equation solving.	Investigar as estratégias dos alunos na resolução de equações simples.	40 Estudantes	A medição dos movimentos oculares fornece <i>insights</i> sobre processos cognitivos que de outra forma seriam indisponíveis e pode ser usada para explorar a dificuldade do problema, a experiência do aluno e os processos metacognitivos.
Mason <i>et al.</i> , 2016	Using eye-tracking technology as an indirect instruction tool to improve text and picture processing and learning.	Verificar se os alunos com oportunidade de observar os movimentos oculares de um modelo ao ler um texto ilustrado mostram maior processamento em sua própria leitura e se eles conseguem entender o texto mais profundamente.	Estudantes	Os alunos que observaram o comportamento visual do modelo apresentaram maior processamento integrativo do texto e da imagem. Eles fizeram mais transições de uma representação para a outra e gastaram estrategicamente mais tempo revendo a imagem ao reler o texto e vice-versa. Além disso, os alunos com habilidades de compreensão mais baixas se beneficiaram mais com a observação da reprodução do olhar do modelo.
Tsai <i>et al.</i> , 2016	Visual behavior, flow and achievement in game-based learning.	Registrar o movimento ocular dos alunos enquanto jogavam um jogo de física, visando explorar as diferenças entre os comportamentos visuais dos jogadores de alta e baixa compreensão conceitual e os fluxos de jogo.	22 estudantes universitários	Os participantes do grupo de alta compreensão demonstraram uma estratégia de leitura de texto eficiente e melhores controles metacognitivos de atenção visual durante os jogos e expressaram um maior nível de fluxo de jogo em dois aspectos: o senso de controle e concentração, enquanto alunos do grupo de baixa compreensão apresentaram algumas dificuldades em decodificar as representações conceituais.

Fonte: Autoria própria (2019).

Um dos pioneiros nos estudos que utilizaram o método de rastreamento ocular em um contexto mais específico de educação matemática foi Terry (1992), o qual teve o propósito de investigar a leitura enquanto os participantes resolviam problemas na aritmética. Mais tarde, os pesquisadores utilizaram dados de movimentos oculares em uma variedade de contextos, incluindo processamento de números, como Merkley e Ansari (2010), realizando operações aritméticas (SCHNEIDER *et al.*, 2012) e compreensão da equivalência matemática (Chesney *et al.*, 2013). No entanto, rastreamento ocular foi pouco utilizado para estudar o ensino em Cursos de Engenharia.

De acordo com Terry (1992), o interesse em numerais procedeu do ponto de vista da ciência pura e não da aplicação prática educacional. Pouco se sabe,

portanto, dos métodos empregados pelos alunos na aquisição gradual da capacidade de ler números. Uma abordagem para este problema geral pode ser encontrada no estudo dos métodos utilizados pelos adultos na resolução de problemas.

Na pesquisa realizada por Terry (1992), os alunos foram convidados a manter suas atitudes usuais de resolução de problemas e a prosseguir à velocidade normal. Os problemas deveriam ser lidos e resolvidos. Em todos os casos, foi dada oportunidade ao sujeito, antes de iniciar seu trabalho, de examinar materiais semelhantes aos que deviam ser lidos ou resolvidos, em condições semelhantes.

Para a obtenção dos dados foram seguidas três etapas. Em primeiro lugar, os sujeitos da investigação foram convidados a fazer observações introspectivas de seus procedimentos com os números, o que foram facilmente capazes de fazer. Em segundo lugar, os relatos introspectivos dos sujeitos foram suplementados por observações diretas das leituras que foram feitas e registradas por Terry (1992). A informação obtida pela utilização destas duas etapas serviu de base para a interpretação dos dados obtidos pela terceira etapa: o rastreador ocular.

Vigneau, Caissie e Bors (2006) apresentaram vários modelos e achados relacionados à natureza do raciocínio analógico, o qual pode ser considerado como uma comparação de características similares entre duas coisas aparentemente distintas. Vigneau, Caissie e Bors (2006) visaram explorar as diferenças individuais quantitativas e qualitativas na inteligência, usando dados de latência e movimento ocular. Cinquenta e cinco estudantes universitários receberam 14 itens selecionados do *Raven's Advanced Progressive Matrices test* (Teste avançado das matrizes progressivas de Raven). As matrizes podem ser compreendidas como desenhos nos quais falta uma parte.

Vigneau, Caissie e Bors (2006) mostraram, em seus resultados, que os indivíduos diferiram em termos de velocidade, mas também em termos de diferentes estratégias. Mais especificamente, os sujeitos de maior e menor habilidade diferiram em termos de seus padrões de inspeções de itens e matrizes, e vários índices estratégicos (tempo proporcional na matriz, número de alternâncias entre matriz e resposta escolhida, latência para a primeira atenção e distribuição de tempo da matriz) emergiram em análises de regressão como preditores significativos do desempenho de Raven.

Dada a alta confiabilidade associada a esses índices estratégicos, Vigneau,

Caissie e Bors (2006) argumentam que esses resultados fornecem evidências contra uma visão forte de processamento de informações básicas e suportam uma visão multifacetada das diferenças individuais na inteligência que inclui diferenças nas estratégias.

Tsai *et al.* (2012) empregaram em seu estudo uma técnica de rastreamento ocular para examinar a atenção visual dos alunos ao resolver um problema científico de múltipla escolha. Seis estudantes universitários participaram de uma tarefa de resolução de problemas para prever ocorrências de perigos de deslizamento de terra a partir de quatro imagens representando quatro combinações de quatro fatores. As respostas dos participantes e a atenção visual foram registradas por um rastreador ocular. Os participantes foram convidados a “pensar” em voz alta durante toda a tarefa. Com quatro opções para o problema científico de múltipla escolha, foram realizadas análises para comparar a duração da fixação entre as opções escolhidas e rejeitadas e entre fatores relevantes e irrelevantes. Tsai *et al.* (2012) aplicaram a metodologia de Análise de Conteúdo para analisar as respostas “faladas” dos participantes. Além disso, a análise sequencial em zonas de olhar fixado foi ainda utilizada para comparar os padrões entre solucionadores de problemas bem e mal sucedidos.

Os resultados da pesquisa de Tsai *et al.* (2012) mostraram que, ao resolver um problema baseado em escolhas múltiplas, os alunos, em geral, deram mais atenção à alternativa escolhida do que às alternativas rejeitadas e passaram mais tempo inspecionando fatores relevantes do que os irrelevantes. Além disso, os solucionadores de problemas bem-sucedidos se concentraram mais em fatores relevantes, enquanto os solucionadores de problemas mal sucedidos experimentaram dificuldades na decodificação do problema, no reconhecimento dos fatores relevantes e na autorregulação da concentração.

Estudos como o de Tsai *et al.* (2012) demonstram que o rastreador ocular pode ser útil para diversas pesquisas e enfoques, dependendo do objetivo do pesquisador.

Inglis e Alcock (2012) apresentam uma comparação entre estudantes iniciantes de graduação e matemáticos pesquisadores ativos. Os movimentos oculares dos participantes foram registrados com o objetivo de validar as provas. Para qualquer pessoa envolvida em matemática, uma atividade importante é a leitura de uma prova matemática com o objetivo de determinar se é ou não válida.

Ao registrar os movimentos oculares dos participantes, à medida que eles liam as provas, Inglis e Alcock (2012) foram capazes de obter *insights* sobre a sua atribuição de atenção em tempo real durante a validação.

Nessa mesma linha, Susac *et al.* (2014) contribuíram com um estudo que utilizou acompanhamento ocular para investigar as estratégias dos alunos na resolução de equações simples. Os autores buscaram explorar o tipo de informação que o acompanhamento ocular pode fornecer, além dos tempos de precisão e reação, com o objetivo de relacionar as medidas do movimento ocular com a eficiência dos participantes e o uso de diferentes estratégias durante a resolução de equações. Ainda, visaram combinar os *insights* obtidos usando movimentos oculares com as respostas verbais dos participantes com base em julgamentos introspectivos, determinando a dificuldade na resolução da equação e os efeitos da repetição dos parâmetros do movimento do olho.

Susac *et al.* (2014) apresentaram resultados que mostram que o acompanhamento ocular oferece uma maneira valiosa para medir alguns aspectos do processamento atencional dos alunos durante a resolução de equações. As medições dos movimentos oculares também forneceram meios para avaliar as estratégias dos alunos durante a resolução da equação. Susac *et al.* (2014) afirmam que o estudo mostrou que a medição dos movimentos oculares fornece *insights* valiosos sobre processos cognitivos que, de outra forma, não estariam disponíveis, indicando novas possibilidades de seu uso em estudos educacionais.

Nesta nova pesquisa, Tsai *et al.* (2016) registraram o movimento ocular de 22 estudantes universitários enquanto participaram de um jogo de física, visando explorar as diferenças entre os comportamentos visuais dos jogadores de alta e baixa compreensão conceitual e os fluxos de jogo na *game-based-learning* (GBL), ou seja, aprendizagem baseada em jogos.

Os resultados de Tsai *et al.* (2016) indicaram que os participantes do grupo de alta compreensão mostraram uma estratégia de leitura de texto eficiente e melhores controles metacognitivos (compreensão sobre o próprio conhecimento), de atenção visual durante os jogos e expressaram um maior nível de fluxo de jogo em dois aspectos: o senso de controle e concentração, enquanto alunos do grupo de baixa compreensão apresentaram algumas dificuldades em decodificar as representações conceituais.

Mason *et al.* (2016) utilizaram um *eye-movement modelling example*

(EMME), compreendido como exemplo de modelagem de movimento ocular no contexto escolar. Os autores quiseram corroborar e estender resultados recentes sobre o potencial educacional da tecnologia de rastreamento ocular para apoiar processamento estratégico e aprendizagem a partir de um texto ilustrado. Mason *et al.* (2016) buscaram verificar se os alunos com oportunidade de observar os movimentos oculares de um modelo, ao ler um texto ilustrado, mostram maior processamento integrativo em sua própria leitura e se eles conseguem entender o texto mais profundamente.

A partir disso, Mason *et al.* (2016) concluíram que os alunos que observaram o comportamento visual do modelo apresentaram maior processamento integrativo do texto e da imagem. Eles fizeram mais transições de uma representação para a outra e gastaram estrategicamente mais tempo revendo a imagem ao reler o texto e vice-versa. Além disso, os alunos com habilidades de compreensão de leitura mais baixas se beneficiaram mais com a observação da reprodução do olhar do modelo ao considerar tanto a aquisição quanto a transferência de conhecimento.

Estudos como os citados anteriormente incentivaram a busca de novos caminhos para a investigação sobre a compreensão matemática. O rastreador ocular vem se mostrando um interessante instrumento, cientificamente respaldado como análise do processamento cognitivo, que é a proposta desta pesquisa.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O objetivo deste capítulo é apresentar o caminho metodológico utilizado nesta pesquisa.

A partir da percepção de que a maioria dos alunos do ensino superior têm apresentado problemas em relação ao seu desempenho acadêmico no decorrer do seu curso nas disciplinas de CDI I e CDI II, e como esta pesquisa dispunha do uso da metodologia de rastreamento ocular para a coleta de dados, definiu-se a problemática inicial do presente trabalho: Em que se aproxima ou se diferencia o comportamento ocular de alunos de Engenharia com melhor e pior desempenho durante a resolução de problemas matemáticos considerando as notas do ENEM e das disciplinas de CDI I e CDI II?

A partir desta problemática, buscou-se uma linha metodológica que pudesse auxiliar na pesquisa, optando-se pela pesquisa de natureza aplicada. Para Gil (1994), neste tipo de pesquisa os resultados poderão servir como base para outras pesquisas relacionadas ao tema, assim como solução de problemas concretos da vida moderna.

Do ponto de vista do objeto, trata-se de uma pesquisa de campo, na qual se realiza “coleta de dados junto a pessoas, com o recurso de diferentes tipos de pesquisa” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 37).

Sob a perspectiva dos objetivos do estudo, é exploratória e descritiva; os procedimentos técnicos adotados foram a pesquisa bibliográfica, documental, levantamento, e pesquisa de campo (LAKATOS; MARCONI, 2005).

Em relação à forma de abordagem, a pesquisa é quantitativa e qualitativa, com predominância na abordagem quantitativa.

Conforme Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (2004, p. 162), na pesquisa qualitativa “a escolha do campo onde serão colhidos os dados, bem como dos participantes é proposital, isto é, o pesquisador os escolhe em função das questões de interesse do estudo...”. Dessa forma, a pesquisa qualitativa é entendida como modo de produzir conhecimento sobre os problemas vivenciados no cotidiano escolar, buscando melhorias.

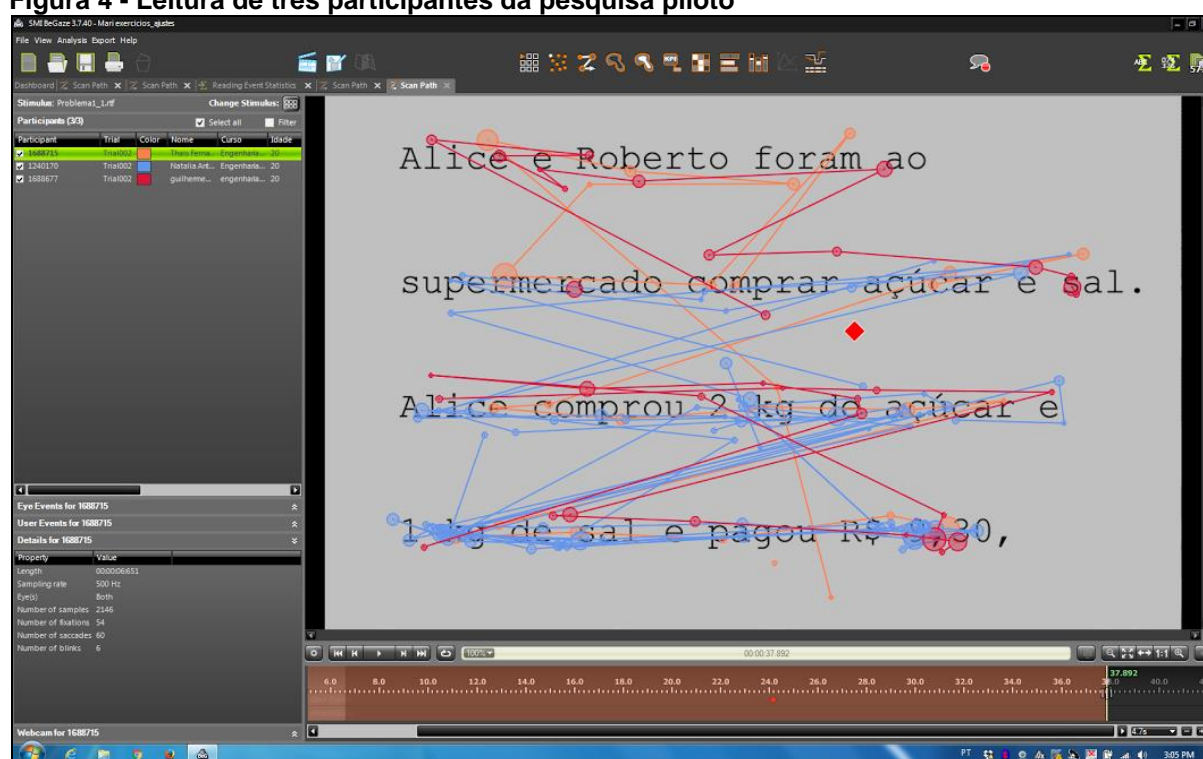
Já a pesquisa quantitativa “tende a enfatizar o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana” (GERHARDT;

SILVEIRA, 2009, p. 33).

Os dados da pesquisa gerados pelo rastreador ocular provenientes da leitura dos alunos durante a resolução de problemas matemáticos foram tratados de modo quantitativo e qualitativo.

A Figura 4 apresenta o *layout* do software *BeGaze* da SMI (*Senso Motoric Instruments*). A tela demonstra a leitura realizada por três alunos do projeto piloto (cada qual com uma cor), possibilitando comparações entre eles da leitura do problema. É possível realizar a verificação individual por aluno ou coletiva.

Figura 4 - Leitura de três participantes da pesquisa piloto



Fonte: Tela fornecida pelo software *BeGaze*, retirado pela autora (2019)

Para melhor compreensão dos caminhos percorridos para a realização da pesquisa, os procedimentos metodológicos foram divididos em quatro etapas e estão sintetizados no Quadro 2.

Quadro 2 - Etapas dos procedimentos metodológicos

Etapa	Atividades	Procedimentos	Objetivos a serem alcançados: Objetivo geral (OG) e específicos (OE).
1ª	Revisão sistemática de literatura	<ul style="list-style-type: none"> - Elucidação do problema. - Identificação das palavras-chave no ensino na engenharia. - Pesquisa sobre as palavras-chave. 	OG. Avaliar em que o comportamento ocular dos alunos de Engenharia com melhor e pior desempenho se aproxima ou se diferencia durante a resolução de problemas matemáticos considerando as notas no ENEM e nas disciplinas de CDI I e CDI II.
2ª	Pesquisa de campo	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação do projeto piloto para validar as questões matemáticas. - Pesquisa com alunos calouros da UTFPR. 	OG. Avaliar em que o comportamento ocular dos alunos de Engenharia com melhor e pior desempenho se aproxima ou se diferencia durante a resolução de problemas matemáticos considerando as notas no ENEM e nas disciplinas de CDI I e CDI II.
3ª	Tabulação, análise e descrição dos dados	<ul style="list-style-type: none"> - Análise qualitativa quanto às fixações (mapas de calor). - Análise quantitativa dos dados a partir de Linguagem R (linguagem estatística de programação). 	OE1. Verificar o tempo de leitura médio entre os dois grupos (MD e PD) de alunos; OE2. Investigar os movimentos oculares que envolvem a quantidade de sacadas e as sacadas regressivas; OE3. Comparar se os alunos com pior desempenho realizam mais sacadas regressivas que os alunos com melhor desempenho; OE4. Analisar os movimentos oculares quanto ao número de fixações, às áreas de interesse e aos mapas de calor; OE5. Averiguar o nível de confiança que diferencia os dois grupos (MD e PD) quanto ao comportamento ocular.
4ª	Elaboração do produto	<ul style="list-style-type: none"> - Descrição 	OE6. Apresentar as análises e sugestões para futuras pesquisas.

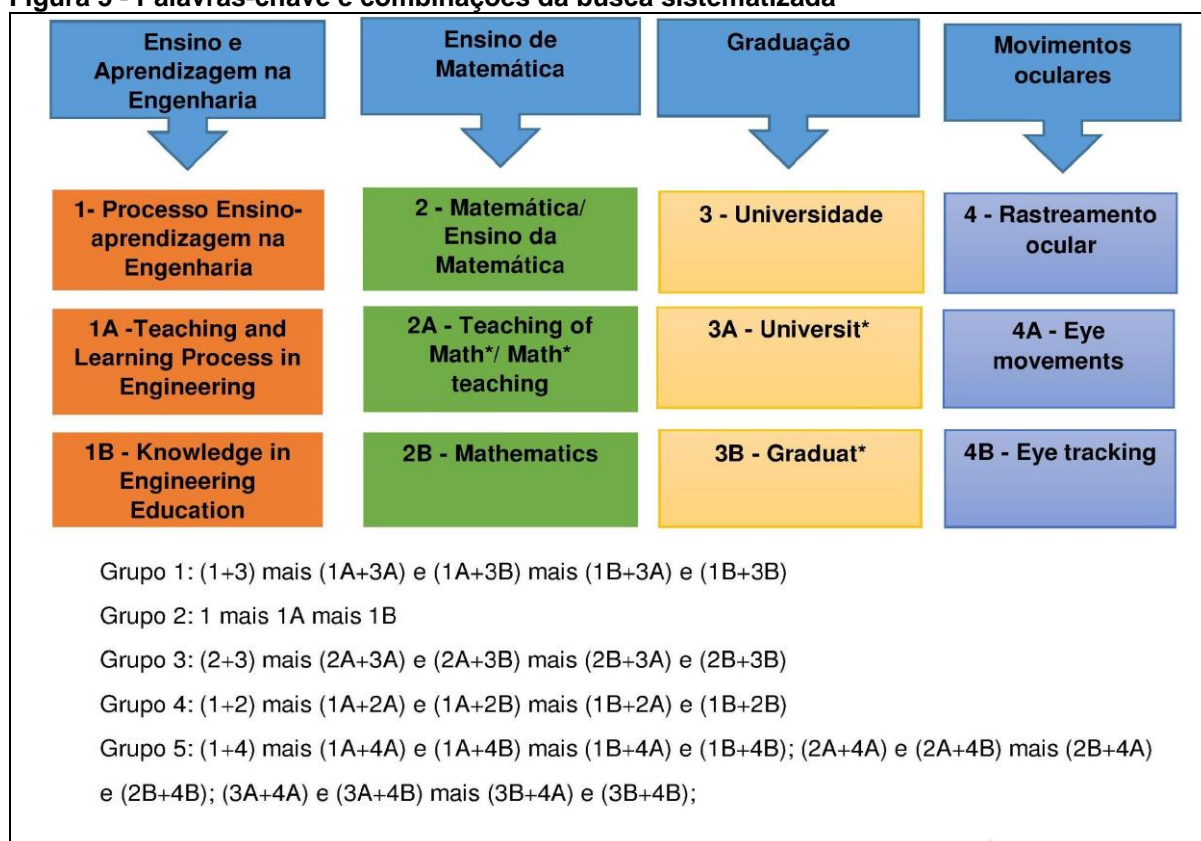
Fonte: Autoria própria (2019)

3.1 PRIMEIRA ETAPA: REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Optou-se por utilizar uma metodologia de revisão sistematizada de literatura que organiza os trabalhos por ordem de relevância, considerando alguns fatores como: ano de publicação, fator de impacto da revista publicada, número de citações. A metodologia escolhida é do *Methodi Ordinatio* (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2015).

A busca sistematizada foi realizada com as seguintes combinações de palavras-chave, dispostas na Figura 5:

Figura 5 - Palavras-chave e combinações da busca sistematizada



Fonte: Autoria própria (2017)

As bases científicas de pesquisa utilizadas para a pesquisa das palavras-chave e seus cruzamentos foram: *Web of Science*, *Science Direct*, *Scopus* e *Scielo*. Foram escolhidas estas bases por trazerem um número significativo de textos sobre os itens pesquisados. Além disso, durante a escrita foram pesquisados livros e teses a partir das palavras-chave.

Para a realização da busca sistematizada, optou-se por trabalhar a partir do programa *zotero*, categorizando as publicações. Também utilizou-se do *software* livre *JabRef* para a organização dos dados em *Excel*.

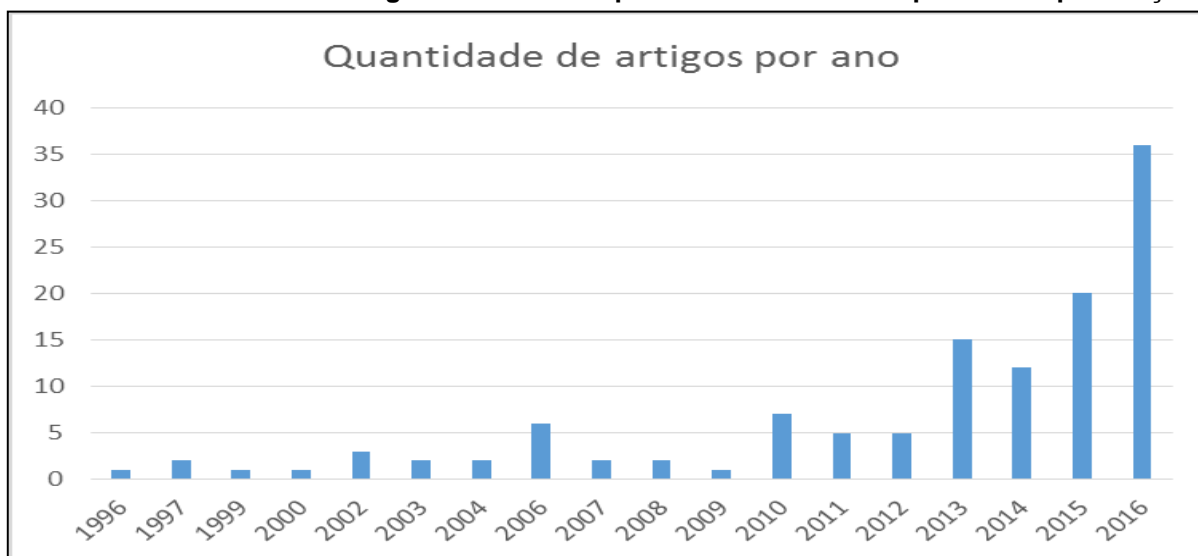
O total geral de artigos pesquisados nos últimos 20 anos foi 1377 trabalhos. Na sequência, foram excluídos os documentos repetidos e também os trabalhos que não estavam alinhados com a pesquisa. A partir disso, trabalhou-se com 445 artigos, distribuídos nos 5 grupos.

Para definir a quantidade de publicações de cada grupo, foram selecionadas as mais relevantes com base na soma da frequência do índice *ordinatio* (índice de importância da publicação).

Destes 123 artigos classificados pelo *Methodi Ordinatio* (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2015), verifica-se no Gráfico 2 a quantidade de

publicações por ano.

Gráfico 2 - Quantidade de artigos classificados pelo *Methodi Ordinatio* por ano de publicação



Fonte: elaborado pela autora a partir da revisão de literatura (2017)

Observa-se, no Gráfico 2, que a maioria das publicações consideradas mais relevantes está entre as mais recentes. Cinco artigos estão entre 1996 e 2000, 25 entre 2001 e 2010 e 93 entre 2011 e 2016. Isso é um indício que o tema pesquisado continua sendo objeto de estudo e publicações.

Em relação aos autores das publicações com mais número de citações, a Tabela 2 demonstra os 10 autores mais citados:

Tabela 2 - Autores mais citados nas 123 publicações classificadas

Autores	Nº de citações
1 Ravipudi Venkata Rao; Vimal J. Savsani; D. P. Vakharia (2011)	625
2 Mellony Graven. (2004)	167
3 Jian Ma; Duanning Zhou. (2000)	164
4 Ana Paula do Carmo M. Ferraz; Renato Vairo Belhot. (2010)	132
5 Vedat Toğan (2012)	121
6 Meng-Jung Tsai <i>et al.</i> (2012)	105
7 Robin Burgess-Limerick, <i>et al.</i> (1999)	104
8 Andy Sloane. (1997)	90
9 Eileen Scanlon <i>et al.</i> (2004)	86
10 Leandro S. Almeida <i>et al.</i> (2006)	83

Fonte: Elaborado pela autora a partir da revisão de literatura (2017)

De acordo com a Tabela 2, o trabalho mais citado entre os dez é o *Teaching–learning-based optimization: A novel method for constrained mechanical design optimization problems*, de autoria de Ravipudi Venkata Rao; Vimal J. Savsani; D. P. Vakharia, com 625 citações. É um número bem expressivo, considerando os demais da tabela. Não há outras publicações desses autores nas demais referências consultadas.

3.2 SEGUNDA ETAPA: PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa de campo foi realizada a partir de dois procedimentos técnicos: Aplicação de teste piloto e Pesquisa com alunos calouros dos cursos de engenharia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Ponta Grossa.

3.2.1 Validação de Questões

As questões matemáticas foram validadas por um grupo de 10 alunos que já cursaram as disciplinas de Cálculo Integral Diferencial I (CDI I) e Cálculo Integral Diferencial II (CDI II). Foi solicitado aos alunos que resolvessem as questões de nível médio, CDI I e CDI II sem orientação de nenhum professor, e anotassem possíveis dúvidas. Foram selecionadas as questões que tiveram o maior número de acertos.

Todas as questões (de todos os níveis) foram formuladas pelo professor do departamento de matemática Ednei Felix Reis, e ao serem validadas por escrito, foram realizadas as correções necessárias. Também houve validação no rastreador ocular, para adaptar necessidades durante a leitura e durante o experimento. O professor buscou questões que relacionassem conceitos de funções nos três níveis.

Houve uma preocupação em usar questões de nível fácil, médio e difícil, que foram assim classificadas pelos alunos participantes do teste piloto.

3.2.2 Coleta de Dados com Calouros dos Cursos de Engenharia da UTFPR

3.2.2.1 Participantes da pesquisa

As coletas foram realizadas em três etapas, uma em cada semestre específico. A primeira fase ocorreu com os alunos no início do 1º semestre de 2017, quando os alunos ingressavam pela primeira vez nos cursos de Engenharia. Todos os alunos de CDI I do primeiro semestre de 2017 foram convidados a participar. Dos 140 alunos aproximadamente ingressantes nos cursos de Engenharia, 57 alunos ($n_1=57$) se candidataram voluntariamente a participar da pesquisa, conscientes de que a mesma ocorreria em três semestres consecutivos. A primeira etapa da pesquisa consistiu em aplicar quatro questões de EM. Das quatro questões aplicadas, a primeira foi considerada teste, por isso desconsiderada para análise, visto que os alunos não estavam ambientados a utilizar o rastreador ocular, portanto não foi considerada na pesquisa.

Para a seleção dos alunos foram considerados os seguintes critérios:

- Alunos calouros maiores de 18 anos;
- Alunos de cursos de Engenharia da UTFPR – Campus Ponta Grossa;
- Alunos que não necessitavam de óculos para a leitura;

No dia do primeiro teste, foi apresentado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), e caso optassem por não assinar, teriam seu direito preservado em não participar da pesquisa. Não houve aluno que se negou a participar.

A segunda etapa da pesquisa ocorreu no início do 2º semestre de 2017. Nesta etapa, foram aplicadas três questões de CDI I, pois os alunos tinham finalizado a disciplina no 1º semestre. Nesta etapa da pesquisa, participaram 46 ($n_2=46$) alunos. Entre os onze alunos que não participaram, teve um aluno que trancou o curso. Entre os outros, dez que não quiseram mais participar, seis reprovaram na disciplina, dois iriam mudar de curso no próximo semestre e dois alunos alegaram estar sem tempo disponível.

Na terceira etapa da pesquisa, realizada no início do 1º semestre de 2018, aplicou-se três questões de CDI II a 30 ($n_3=30$) alunos que tinham cursado a disciplina. Entre os outros 16 alunos que participaram da pesquisa de CDI I, um aluno desistiu do curso, um mudou de curso, três alunos trancaram e 11 alunos não

cursaram CDI II. Estes 11 foram convidados para refazer o teste de CDI I, mas somente nove compareceram. Dois não quiseram participar, sendo que ambos reprovaram pela segunda vez em CDI I.

3.2.2.2 Descrição e aplicação dos instrumentos

Foram aplicados três instrumentos de pesquisa, um a cada semestre ao mesmo grupo de alunos. Cada um estava composto de três questões matemáticas, em nível fácil, médio e difícil respectivamente.

Foi solicitado aos alunos que lessem as questões em frente ao monitor e explicassem o que entenderam verbalmente. Na sequência, resolveram as questões no papel, cujo tempo foi cronometrado, pois não há possibilidade de registrar o movimento ocular durante a resolução dos problemas por escrito.

Desta forma, foram considerados para a pesquisa: Número de fixações e de sacadas, tempo de leitura na tela, revisitas às áreas de interesse e duração das fixações das áreas de interesse.

Abaixo constam as questões aplicadas em cada semestre:

1º semestre (alunos calouros): Questões Ensino Médio / Conteúdo: Funções

QUESTÃO DE TESTE: Alice e Roberto foram ao supermercado comprar açúcar e sal. Alice comprou 2 kg de açúcar e 1 kg de sal e pagou R\$ 9,30, enquanto Roberto comprou 1 kg de açúcar e 2 kg de sal pagando R\$ 9,00. Quais são os preços do quilo do açúcar do sal?

QUESTÕES DE PESQUISA:

⁷1.1) Em uma promoção de um site de reservas de hotel, a diária da suíte presidencial do Hotel Vista del Mar custa R\$ 200,00. Supondo que existe um desconto de 5% no valor da diária e que o *site* cobra uma taxa de reserva de R\$ 30,00, quanto custaria para passar sete noites na suíte presidencial?

1.2) Duas locadoras de veículos possuem as seguintes tarifas: A empresa Fourier Veículos cobra um valor diário de R\$ 50,00 mais uma taxa de R\$ 2,00 por quilômetro rodado, e a empresa Alfa Carros cobra um valor diário de R\$ 70,00 mais uma taxa de R\$ 1,50 por quilômetro rodado. Se uma pessoa pretende alugar um

⁷ Será numerado neste momento de acordo com teste, sendo 1 o primeiro teste referente ao Ensino Médio, 2 o teste referente a CDI I e 3 o teste referente a CDI II.

carro por três dias, a partir de quantos quilômetros rodados a Alfa Carros acaba se tornando a melhor opção?

1.3) Uma fábrica de bicicletas vende x bicicletas por mês. Cada bicicleta custa R\$ 500,00 menos R\$ 0,10 por bicicleta vendida. Supondo que a empresa tenha um custo de R\$ 300,00 para produzir cada bicicleta mais um custo fixo mensal de R\$ 30.000,00 com despesas, encontre uma expressão para determinar o lucro mensal em função do número de bicicletas vendidas no mês.

2º semestre: Questões de CDI I/ Conteúdo: Relações e Funções de uma Variável Real

2.1) Dada uma função de uma variável $f(x)$, qual operação matemática é descrita pela análise de comportamento de $f(x)$ ao tomarmos valores de “ x ” arbitrariamente grandes?

2.2) Considere uma função $f(t)$ que varia com o tempo, e um momento “ a ”. Qual quantidade matemática é obtida ao calcular o quociente da variação de $f(t)$ pela variação de tempo, tomando como momento inicial “ a ” e o momento final cada vez mais próximo de “ a ”?

2.3) Considere a função $f(x) = x^3$ definida no intervalo $[0,1]$. Se dividirmos o intervalo $[0,1]$ em “ n ” intervalos de comprimento $1/n$, e considerarmos retângulos com base igual a cada um desses intervalos e altura igual $f(1/n)$, para qual número se aproxima a soma dessas áreas quando aumentamos o valor de “ n ”?

3º semestre: Questões de CDI II/ Conteúdo: Relações e funções em espaços reais n-dimensionais

3.1) Dada uma função de duas variáveis $f(x, y)$, qual operação matemática pode ser descrita através da taxa de variação de $f(x, y)$, mantendo a variável “ x ” fixa?

3.2) Dada uma região R no plano, qual grandeza geométrica é obtida ao calcularmos a integral dupla da função constante 1 na região R ?

3.3) Considere uma função de duas variáveis $f(x, y)$ e um ponto (a, b) no plano. O que podemos concluir se existirem duas curvas no plano tais que (a, b) pertence a ambas as curvas, e $f(x, y)$ se aproxima de valores diferentes quando (x, y) se aproxima de (a, b) em cada uma das curvas?

3.2.2.3 Especificações técnicas do aparelho e do laboratório

Para o processo de coleta de dados, foi utilizado um rastreador ocular RED 500 do fabricante alemão SMI para o registro dos movimentos oculares. O registro do movimento ocular é feito pelo equipamento por meio de luz infravermelha, que é emitida da câmera do computador. A luz penetra na córnea do olho e é refletida de volta para a tela do computador, onde é registrada a sua posição.

O rastreador ocular estacionário permite a movimentação despreendida da cabeça de 40 cm na horizontal e 20 cm na vertical. Há necessidade também de manter uma distância de 60 a 80 cm entre os olhos e o monitor do computador de 22 polegadas que contém até nove pontos de calibragem, assim o aparelho permite movimentação pertinente sem comprometer os resultados.

Este rastreador é considerado rápido, já que realiza uma coleta do movimento do olho a cada dois milissegundos (ms), sendo de 500 Hz. Sua resolução espacial é de 0.03° . O rastreador está munido de três *softwares*: *BeGaze*, *iView X* e *Experiment Center*.

Como utiliza até nove pontos de calibragem, possui alta precisão da posição do olhar (0.4°) e uma latência curta (<4 ms). O cálculo da posição do olhar é realizado baseado no reflexo da córnea e na posição da pupila. É possível monitorar o olhar humano com os dados provenientes de fixação e sacadas. De acordo com a descrição do aparelho, as piscadas são automaticamente corrigidas pelo *software* integrado no equipamento, assim como as microssacadas são automaticamente agrupadas em uma fixação. (*SMI iView RED System, Senso Motoric Instruments G.m.b.H.*).

Para a aplicação da proposta, utilizou-se do Laboratório de Processamento Visual, localizado nas dependências da UTFPR e que possui em média 28 m² divididos em duas salas. A sala menor é utilizada para coleta de dados, na qual está instalado o rastreador ocular RED 500. Para compor o equipamento, é utilizado um Notebook DELL *Precision* M4800, um monitor DELL 22 polegadas e um aparelho acoplado com sensores infravermelhos. A outra sala é maior e é onde são aplicados os pré-testes com os participantes da pesquisa.

3.3 TERCEIRA ETAPA: MODO DE TABULAÇÃO DOS DADOS

Após a aplicação do experimento, foram realizadas algumas análises iniciais, as quais direcionaram toda a análise estatística e qualitativa. Ocorreu uma reunião com os profissionais envolvidos nesta pesquisa e descritos a seguir: dois professores de CDI I, dois estatísticos, um aluno com bom desempenho nas disciplinas de CDI I e II, uma especialista em movimentos oculares, uma pedagoga que atua diretamente com os alunos, um conhecedor de análise de dados provenientes do rastreador ocular, decidiu-se pelas seguintes análises estatísticas: Na primeira etapa, em um total de 57 alunos, optou-se por analisar os dados de 10 alunos com as notas mais altas e mais baixas no ENEM⁸. No segundo e terceiro teste, em um total de 46 e 30 alunos respectivamente, optou-se por analisar os dados de 10 alunos com maiores notas e 10 alunos com menores notas nas referidas disciplinas⁹. A opção pela análise de 20 alunos de cada grupo justifica-se pelo objetivo geral: Avaliar em que o comportamento ocular dos alunos de Engenharia com melhor e pior desempenho se aproxima ou se diferencia durante a resolução de problemas matemáticos considerando as notas no ENEM e nas disciplinas de CDI I e CDI II.

A Tabela 3 apresenta os dados coletados em relação à porcentagem de acertos das questões matemáticas aplicadas no experimento e também o tempo de resolução de cada questão.

Tabela 3 - Acerto e tempo de resolução de cada questão

Questão	ENSINO MÉDIO						CDI I						CDI II					
	Melhor desempenho ENEM			Pior desempenho ENEM			Melhor desempenho CDI I			Pior desempenho CDI I			Melhor desempenho CDI II			Pior desempenho CDI II		
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a
% de acerto	80	50	50	60	70	30	80	50	50	80	40	50	70	40	40	80	40	20
Média de resolução (segundos)	106	180	192	143	200	183	52	94	110	72	101	103	40	46	67	52	44	70

Fonte: Autoria própria (2019)

⁸ As notas do ENEM para os alunos com PD variaram entre 544 e 643 pontos; entre os alunos com MD variaram entre 737 e 764 pontos. A diferença entre a pior e melhor nota foi 220 pontos.

⁹ As notas de CDI I, no grupo PD variaram entre 0 e 3,6; no grupo MD variaram entre 7,3 e 9,8. As notas em CDI II, no grupo PD variaram entre 1,9 e 6,5; no grupo MD variaram entre 8,4 e 10.

Inicialmente, antes da reunião com os profissionais envolvidos nesta pesquisa, haviam sido feitas análises preliminares, considerando o acerto e o erro das questões. No entanto, essas análises estavam inconsistentes. Para ver detalhes, consulte o produto desta pesquisa. Diante disso e da decisão em grupo, optou-se pela análise considerando os alunos com o melhor e o pior desempenho.

Um exemplo de inconsistência está visível nos dados informados na Tabela 3, que demonstram que a porcentagem de acertos dos alunos do EM com MD e os alunos com PD não se justifica, pois 50% dos melhores acertaram a questão 2, enquanto que 70% dos piores acertaram a questão 2, ou seja, aparentemente não há um padrão que caracterize que o grupo com MD acerte mais que o grupo com PD nas questões que fizeram parte deste experimento.

O mesmo ocorre com a média de tempo de resolução (em segundos) destas questões, citando, por exemplo, as questões de CDI I: na 1ª questão, o primeiro grupo levou em média 52 seg, enquanto que o segundo grupo 72 seg. Entretanto, na 3ª questão, este comportamento se inverteu: primeiro grupo com 110 seg e o segundo grupo com 103 seg.

A partir destas constatações, ocorreu a reunião citada no início desta seção, na qual se optou pelos grupos de MD e PD, cuja análise seguirá este mesmo padrão.

A análise qualitativa foi embasada nos dados gerados pelo *software BeGaze*, um dos *softwares* do fabricante SMI.

Desta forma, optou-se pela utilização dos mapas de calor, pois é uma estratégia para verificar o cenário do ponto de vista gráfico. De acordo com Duchowski (2007, p. 46), a permanência do olhar numa região, onde a retina se estabiliza, indica um local de interesse.

Os mapas de calor são capazes de fornecer, por meio de imagens estatísticas, dados individuais ou coletivos dos participantes, gerados pela sobreposição de mapas individuais. A cor e sua intensidade mostram o número de fixações realizadas e o tempo de duração de cada área de interesse. Ainda, mostra quais são as áreas de interesse mais visualizadas pelos alunos em cada problema.

Variáveis como a média do tempo de leitura das telas, número de sacadas progressivas e regressivas da leitura dos participantes, quantidade de fixações,

revisitas às áreas de interesse e duração das fixações das áreas de interesse foram tratadas com ferramentas estatísticas.

Klein (2013) afirma que atualmente estudiosos buscam na literatura qual é a melhor maneira de medir o tempo necessário para que ocorra o processamento de determinada informação para a compreensão de como ocorre o processo cognitivo.

Quando o estudo está focado no nível além da palavra (sentença ou parágrafo), distingue-se entre primeira leitura (a leitura inicial, que consiste em todas as fixações da primeira leitura) e segunda leitura (releitura). Por outro lado, quando se trata de estudos em nível da palavra, medir o tempo total despendido para a leitura torna-se um pouco mais simples; no entanto, como resolver quando a palavra é saltada, isto é, não fixada? Ou como avaliar quando há duas fixações na mesma palavra? As medidas mais usadas nesses casos são a duração do olhar (representa a soma de tempo de todas as fixações numa palavra) e a duração da primeira fixação (é a duração da primeira fixação em uma palavra, independentemente se é a fixação apenas de uma palavra ou a primeira de múltiplas fixações). (KLEIN, 2013, p. 80).

Para o tratamento dos dados citados, foi utilizada uma linguagem de programação intitulada “R”¹⁰ (*R Development Core Team*, 2006), que de acordo com Torgo (2006, p. 7) é “ao mesmo tempo uma linguagem de programação e um ambiente para computação estatística e gráficos”. É uma linguagem de programação especializada em computação com dados, tendo como características positivas o fato de ser gratuito e disponibilizar grande variedade de sistemas operativos, como modelação linear e não linear, testes estatísticos clássicos, análise de séries temporais (*time-series analysis*), classificação, agrupamento e outras.

A Linguagem R normalmente é utilizada por meio de um interpretador de comandos. Torgo (2006, p.11) complementa que o R é uma linguagem baseada em objetos, os quais estão guardados na memória do computador e podem armazenar números, textos, matrizes, funções, entre outros.

Inicialmente, os dados foram submetidos ao teste de normalidade *Shapiro-Wilk* (ROYSTON, 1982) e, de acordo com o resultado obtido, procedeu-se à aplicação do Teste t para os dados paramétricos e do Teste de *Wilcoxon* (BAUER, 1972; HOLLANDER, WOLFE, 1999) para os dados não paramétricos.

¹⁰ A Linguagem “R” não caracteriza o foco principal desta pesquisa. Desta forma, a fim de obter informações mais detalhadas sobre este assunto, recomenda-se a leitura de: TORGO, L. **Introdução à Programação em R**. Faculdade de Economia. 2006. Disponível em: <http://cran.cc.uoc.gr/mirrors/CRAN/doc/contrib/Torgo-ProgrammingIntro.pdf>.

Como modelo estatístico, o teste de hipótese é a forma mais comum para verificar se há diferença significativa entre as médias de duas amostras durante cada uma das três etapas da pesquisa aplicada com os estudantes.

É importante usar um método para verificar se a distribuição dos dados utilizados se ajusta a uma distribuição normal. É possível realizar essa verificação a partir de metodologias descritivas (análise visual de alguns gráficos) ou por testes objetivos sobre a hipótese de normalidade. Um gráfico da distribuição *t* de *Student* apresenta a mesma forma de sino da distribuição normal, em casos de amostras pequenas, com curvas mais alargadas. De acordo com Lotti, Coster e Riboldi (2012), a distribuição *t* de *Student* se aproxima da distribuição normal quanto maior o grau de liberdade. Esses testes são classificados como paramétricos justamente por exigirem uma distribuição de probabilidade específica para a distribuição normal.

Lotti, Coster e Riboldi (2012, p. 230) afirmam que para rejeitar a hipótese de normalidade, “a maneira mais fácil de tomar a decisão é observar o valor-p dos testes e comparar com o nível de significância adotado. Primeiramente, é preciso estabelecer a hipótese nula de nenhuma diferença estatística entre os grupos e a hipótese alternativa de uma diferença estatística. Se o valor-p do teste for menor que o nível de significância escolhido, rejeita-se a hipótese de normalidade”.

Pela literatura, normalmente é utilizado pelos pesquisadores 5% como nível de teste (ou seja, há um intervalo de confiança de 95%), portanto um p-valor abaixo de 0.05 (valor de corte para rejeitar a hipótese nula) evidencia a favor da hipótese alternativa e rejeita a hipótese nula. O valor 0,05 significa que, quando não há nenhuma diferença, um valor tão extremo para a estatística de teste é esperado em menos de 5% das vezes. Nesta pesquisa, foi analisado um intervalo de confiança de 85%, por se tratar de amostras pequenas, utilizando 15% como nível de teste.

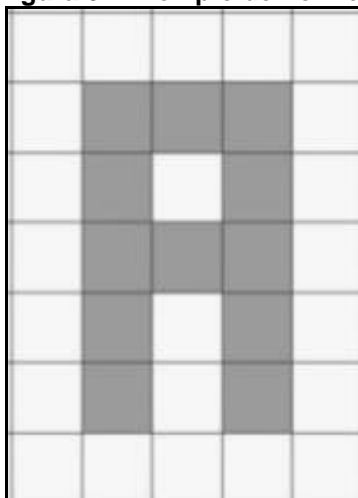
O desvio padrão (DP), que mede a dispersão dos valores individuais em torno da média, indica o grau de variação de um conjunto de elementos. É a diferença da média com cada valor e para ser calculado, se faz a raiz quadrada da variância. A variância é a média dos desvios ao quadrado. Já a mediana é o meio de todos os valores.

4 RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

A análise e discussão dos dados, de acordo com Quivy e Campenhoudt (1992), visam responder à pergunta de partida, além de interpretar os dados obtidos na pesquisa. Inicialmente serão apresentados os resultados, e na sequência serão avaliadas as hipóteses.

A fim de normalizar os dados nas três análises expostas na Tabela 3, a qual trata do acerto da questão e do tempo de resolução de cada questão, foi levando em conta que cada tela continha uma quantidade diferente de palavras; portanto, a análise foi realizada por tela útil (pixels escritos/pixels totais). A Figura 6 ilustra essa normalização. É possível estabelecer qual parte da tela é utilizada pela letra A. No exemplo, a imagem tem 35 espaços e destes apenas 12 estão preenchidos. Com a normalização dos dados, os espaços em branco são desconsiderados. Portanto a tela útil é 12/35.

Figura 6 - Exemplo de normalização de dados



Fonte: Autoria própria (2019)

A Tabela 4 apresenta a normalização dos dados para cada questão. A porcentagem de área ocupada se refere à fração da área preenchida pelo texto para cada tela, em pixels. Nesta pesquisa, a tela total de pixels é 1680x1050, ou seja, 1.764.000 pixels.

Tabela 4 - Normalização dos dados de acordo com cada questão

Nível	Questão/ tela ¹¹	% de área ocupada em pixels
Ensino Médio	1	2,24
Ensino Médio	2/ tela 1	2,73
Ensino Médio	2/ tela 2	1,7
Ensino Médio	2/ tela 3	2,36
Ensino Médio	3/ tela 1	2,14
Ensino Médio	3/ tela 2	2,27
Ensino Médio	3/ tela 3	1,78
CDI I	1	1,31
CDI I	2	1,96
CDI I	3	2,33
CDI II	1	2,54
CDI II	2	2,17
CDI II	3/ tela 1	2,25
CDI II	3/ tela 2	2,15

Fonte: Autoria própria (2019)

Após a normalização dos dados, verificou-se, de modo geral, a média, a mediana e o DP dos dados relativos ao tempo de leitura em segundos, quantidade de fixações e sacadas, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Média geral de tempo de leitura, fixações e sacadas

Média	Ensino Médio			CDI I			CDI II											
	Melhor desempenho			Pior desempenho			Melhor desempenho			Pior desempenho								
x ¹² DP	md	x	md DP	x	md DP	x	md DP	x	md DP	x	md DP							
Tempo de leituras	19	18	5	16	14	5	42	41	20	55	58	15	23	16	14	21	20	5
Sacadas	177	173	63	164	135	74	385	307	236	461	453	171	184	137	132	166	166	44
Fixações	133	117	60	117	111	35	301	292	127	393	391	119	154	127	80	154	127	80

Fonte: Autoria própria (2019)

¹¹ Quando há mais de uma tela para a mesma questão, significa que a questão foi dividida por ser bastante extensa. Essa divisão foi necessária para o tamanho da fonte permanecer grande o suficiente, não prejudicando os dados resultantes dos movimentos oculares.

¹² x: média, md: mediana e DP: desvio padrão.

Para a análise dos dados estatísticos, utilizou-se inicialmente o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* implementado no software “R” para verificar se as distribuições dos dados são provenientes de populações normais.

Quando há normalidade nas populações dos dados, é aplicado o teste t, utilizado para comparação de uma ou duas médias (LOTTI; COSTER; RIBOLDI, 2012). Entretanto quando não há normalidade, é aplicado o teste de *Wilcoxon*, que é um teste de hipóteses não paramétrico.

4.1 RESULTADO E ANÁLISE QUANTO À MÉDIA DO TEMPO DE LEITURA

Neste item foi analisada a média ponderada do tempo de leitura por tela útil (em segundos). O Diagrama de Caixas ¹³ apresenta os dados dos testes realizados pelos alunos calouros, os quais estavam iniciando o curso na UTFPR, considerando as notas do ENEM para definição dos grupos MD e PD.

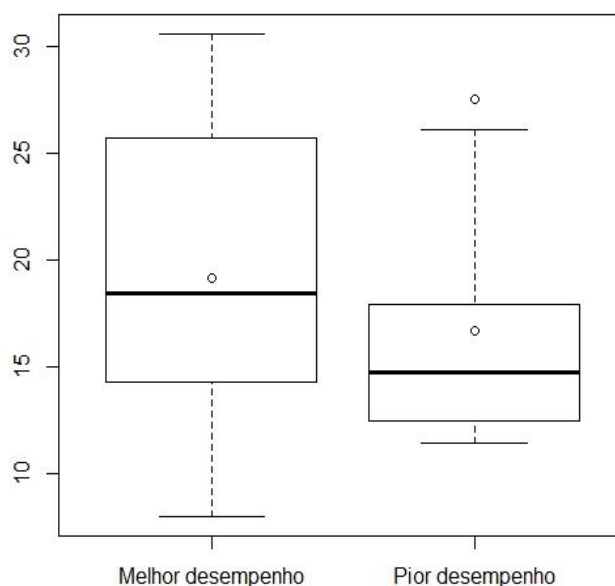
O teste de normalidade *Shapiro-Wilk* indicou que só a distribuição dos alunos com MD é normal ($p\text{-value}/ Wilk = 0,9089$), pois a distribuição dos alunos com PD é bimodal pelo fato de ser menor que 0,05 ($p\text{-value}/ Wilk = 0,02215$). Como apenas uma distribuição é normal, não é possível aplicar o teste t. Por isso, foi utilizado o teste de *Wilcoxon* implementado pelo “R”, o qual não apontou diferença significativa entre as médias $p\text{-value}/ Wilcoxon = 0,4359$.

Observa-se no Diagrama de Caixas 1 que o valor médio do tempo de leitura por tela útil é de 19 segundos (MD) e 16 (PD). Qualitativamente se observa que há maior dispersão dos valores para os alunos com MD, pois a altura da caixa é superior à altura da caixa que representa os alunos com PD. Quantitativamente, para comprovar a análise qualitativa, foram calculados os desvios padrões: 7,10s (MD) e 5,71s (PD).

¹³ Para compreender o Diagrama de Caixa (também chamado de caixa de bigodes) é preciso saber que ele apresenta cinco números: mínimo, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil, e máximo. A caixa é feita do primeiro ao terceiro quartil. A linha reta vertical passa pela caixa na mediana. Os bigodes saem de cada quartil para o mínimo ou para o máximo. Cada seção contém aproximadamente 25% dos dados desse conjunto. Quando há valores discrepantes ou atípicos, muito afastados da grande parte dos dados, estes são representados por pontos longe da mediana. Quando há um ponto entre segundo e quarto quartil, este ponto representa a média.

Uma pequena diferença pode ser visualizada no Diagrama de caixas 1. Os alunos com pior rendimento leram menos tempo cada tela ao serem comparados com os alunos com MD.

Diagrama de Caixas 1¹⁴ - Média ponderada do tempo de leitura por tela útil (EM)



Fonte: Autoria própria (2019)

Analisando-se o Diagrama de Caixas 2, que corresponde ao tempo de leitura por tela útil com os alunos que concluíram CDI I, o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* indicou que as distribuições das médias dos alunos são normais, pois o *p-value/ Wilk/* melhores: 0,7158 e o *p-value/ Wilk/* piores foi de 0,6621, ambos maiores que 0,05.

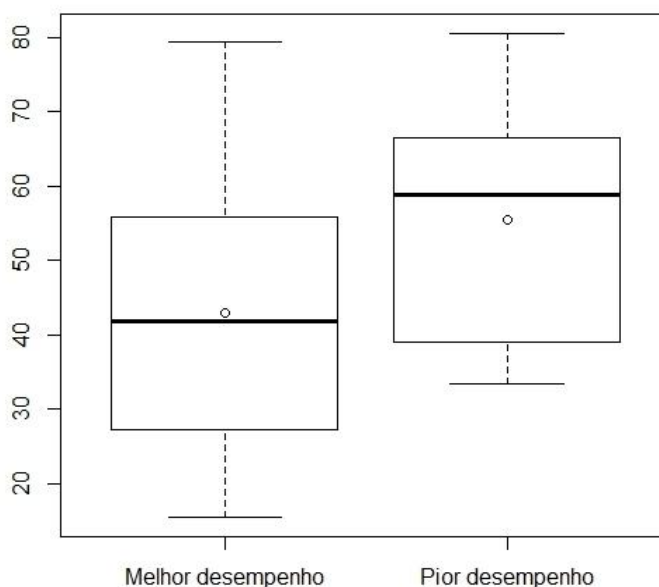
Qualitativamente, observa-se uma pequena diferença na dispersão das caixas. Já quantitativamente, o DP foi calculado e definido em 20s (MD) e 15s (PD), reafirmando a pequena diferença dispersiva observada qualitativamente.

Observa-se no Diagrama de Caixas 2, que a média no tempo de leitura por tela útil é de 42 s (MD) e de 55 s (PD). Para analisar os dois conjuntos de dados, foi aplicado o teste t de comparação de médias e se obteve *p-value/ teste t* = 0,1359. A um nível de significância de 95%, a amostra não é significativa. Entretanto, ao se considerar um nível de 85%, a diferença passa a ser significativa.

¹⁴ Pode-se observar que a “bolinha” no interior dos quartis indica a média entre os alunos, enquanto que as “bolinhas” no exterior indicam os pontos discrepantes.

Analisando o Diagrama de Caixas 2 é possível visualizar que em CDI I ocorre uma inversão ao se comparar com o EM, pois neste caso, os alunos com PD realizam maior tempo de leitura por tela do que os alunos com MD.

Diagrama de Caixas 2 - Média ponderada do tempo de leitura por tela útil (CDI I)

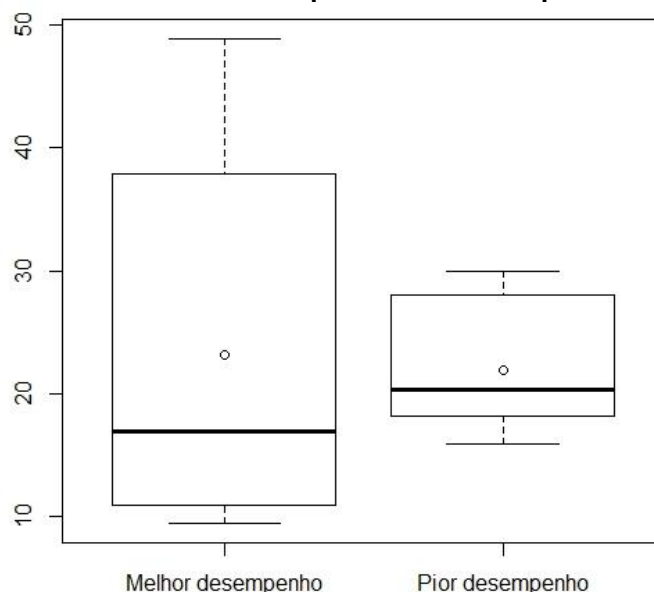


Fonte: Autoria própria (2019)

Analisando-se os dados relativos à CDI II e aplicando o teste de normalidade *Shapiro-Wilk*, verificou-se que as distribuições são normais, pois são maiores que 0,05 ($p\text{-value}/ Wilk/ melhores = 0,06087$ e $p\text{-value}/ Wilk/ piores = 0,1148$).

No Diagrama de Caixas 3 observa-se qualitativamente uma diferença grande na dispersão dos valores entre os grupos, pois MD apresenta uma caixa bem mais alta que PD. A variação entre um grupo e outro também é observável, pois MD varia de 10 a 50s e PD de 15 a 30s aproximadamente. Quantitativamente, foi calculado o DP, obtendo-se 14s (MD) e 5s (PD), reafirmando a diferença entre as alturas das caixas analisadas qualitativamente.

O Diagrama de Caixas 3 mostra que a média ponderada do tempo de leitura ficou próxima, sendo 23s (MD) e 21s (PD), além do fato da concentração ser mais homogênea entre os alunos com PD. Para analisar os dois conjuntos de dados, o *t test* de comparação de médias foi aplicado com nível de significância a 5%, o qual não apontou diferença significativa nas médias, pois o $p\text{-value}/ teste t = 0,8199 > 5\%$.

Diagrama de Caixas 3 - Média ponderada do tempo de leitura por tela útil (CDI II)

Fonte: Autoria própria (2019)

O fator tempo de leitura por tela não se destacou em nenhum grupo, não sendo um fator determinante para diferenciar os alunos com MD dos alunos com PD. Nas questões de CDI I houve maior diferenciação na média dos dois grupos, enquanto que nas questões no nível de EM e CDI II, as médias foram mais próximas e semelhantes em ambos os grupos.

A fim de facilitar a leitura e compreensão desta tese, criou-se a seguir uma tabela resumida com os dados estatísticos obtidos na análise quanto à média do tempo de leitura.

Tabela 6 - Síntese dos dados estatísticos: Média do tempo de leitura

	Ensino Médio		CDI I		CDI II	
	MD	PD	MD	PD	MD	PD
Teste de normalidade	0,9089	0,02215	0,7158	0,6621	0,06087	0,1148
<i>p-value/</i> teste t	-----		0,1359		0,8199	
<i>p-value/</i> wilcoxon	0,4011		-----		-----	
Desvio padrão	7,10s	5,71s	20,06s	15,74s	14,76s	5,10s
Média	19,19s	16,70s	42,92s	55,54s	23,13s	16,97s

Fonte: Autoria própria (2019)

Dessa forma, a primeira hipótese desta pesquisa foi de que **A média do tempo de leitura entre os dois grupos se distingue**. Essa hipótese se comprova quando os dados são visualizados e analisados de modo qualitativo. A média do tempo de leitura em CDI I se diferencia mais entre os dois grupos se comparados com a média do tempo de leitura no EM e CDI II. Correia (2013) relata que muitos estudos indicam que especialistas normalmente apresentam menor número de fixações do que iniciantes, e conseqüentemente também apresentam menor tempo de leitura. No caso desta pesquisa, a dificuldade se comprovou maior em CDI I pelos dados do tempo de leitura, o grupo MD apresentou menor tempo de leitura e conseqüentemente menor número de fixações, o que para Vitu (2005) ocorre porque os alunos com MD provavelmente omitam palavras, o que gera menor tempo de leitura.

Analisando os dados quantitativos apresentados pela Tabela 5, afirma-se também a hipótese ao se observar que os alunos com MD apresentam maior tempo de leitura nas questões de EM e CDI II (entretanto a diferença é pequena), situação que se inverte nas questões de CDI I, onde os alunos com MD apresentam menor tempo de leitura. Outro resultado quantitativo a ser observado é que, os dados comprovados estatisticamente dos testes de EM e CDI II não oferecem diferenças significativas entre os grupos MD e PD, entretanto, ao observar CDI I, no Diagrama de Caixas 2, e o *p-value*/ teste t foi de 0,1359, é possível concluir que foi o grupo que mais obteve diferenças. Em CDI I, os grupos MD e PD demonstram diferenças significativas com o nível de confiança de 85%, confirmando a quinta hipótese de que **há diferenças significativas estatísticas observáveis a um nível de confiança de 85%**.

É possível afirmar, de acordo com Maia (2016) que o tempo total de leitura está relacionado diretamente com o número total de fixações, pois quem realiza mais fixações apresenta maior tempo de leitura conseqüentemente.

4.2 RESULTADO E ANÁLISE QUANTO ÀS SACADAS

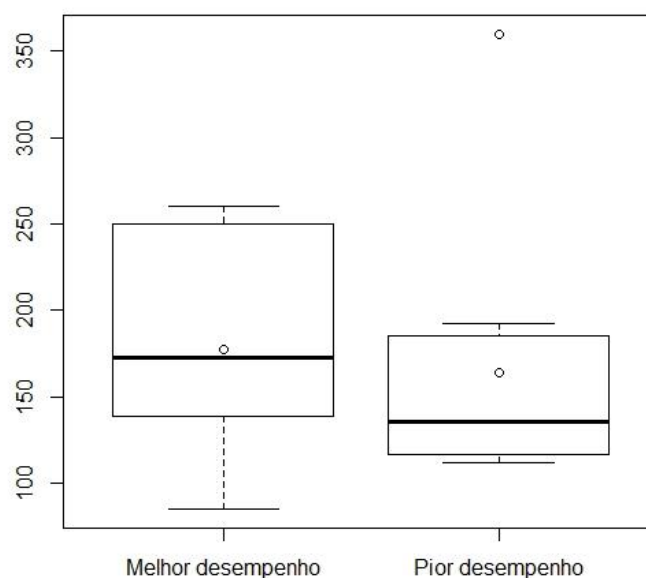
4.2.1 Resultado e Análise Estatística Quanto ao Número de Sacadas

As sacadas são os pulos que os olhos fazem de uma fixação a outra. De acordo com Forster (2017), as sacadas e fixações são os dados de maior importância no uso da técnica do rastreador ocular. Esses movimentos auxiliam na detecção da ocorrência de processos cognitivos. São “movimentos rápidos, balísticos, estereotipados, voluntários ou reflexivos, que ocorrem, tipicamente, entre 3 e 4 vezes por segundo e duram entre 10 e 100 milissegundos” (FORSTER, 2017, p. 618).

Para a análise estatística quanto ao número de sacadas, foi aplicado o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* para os alunos que fizeram as questões de nível EM. Verificou-se que a distribuição dos alunos com MD é normal ($p\text{-value}/ Wilk = 0,402$), entretanto o grupo com PD não é normal, é bimodal, pois $p\text{-value}/ Wilk = 0,0008631$.

No Diagrama de Caixas 4, observa-se qualitativamente uma diferença na dispersão dos valores para os alunos MD, pois a altura da caixa é superior à caixa que representa os alunos PD. Quantitativamente, foi calculado o DP de cada grupo obtendo-se aproximadamente 63,55 sacadas para os alunos com MD e 74,35 para os alunos com PD, o que reafirma a medida qualitativa da altura das caixas. Há um aluno que gerou um *outlier* porque se afastou consideravelmente do número de sacadas dos demais alunos do grupo PD, indicando que teve mais “pulos” que os demais alunos.

Observa-se que os números de sacadas do Diagrama de Caixas 4 são aproximadamente 177 (MD) e 164 (PD). Como as distribuições não são normais, pois $p < 0,05$, não é possível aplicar o teste t. Por isso, foi utilizado o teste de *Wilcoxon* (BAUER, 1972; HOLLANDER, WOLFE, 1999) implementado pelo “R”, o qual não apontou diferença significativa entre as médias $p\text{-value}/ Wilcoxon = 0,393$.

Diagrama de Caixas 4- Número de sacadas EM

Fonte: A autoria própria (2019)

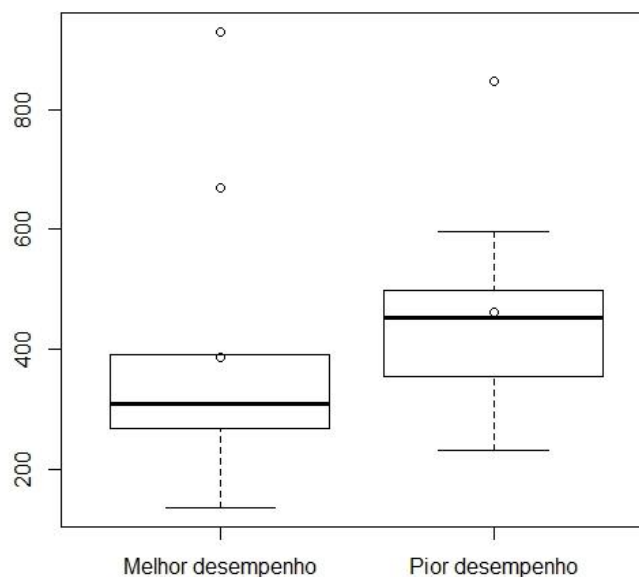
O teste de normalidade *Shapiro-Wilk* aplicado ao número de sacadas realizadas pelos alunos de CDI I, atestou que a distribuição dos alunos com MD é bimodal, pois *p-value* é menor que 0,05 (*p-value/ Wilk* = 0,0113). O grupo com PD é normal (*p-value/ Wilk* = 0,3415).

A partir do Diagrama de Caixas 5, observa-se qualitativamente uma dispersão dos valores próxima para ambos os grupos, pois a altura das caixas é praticamente a mesma. Quantitativamente, foi calculado o DP de cada grupo obtendo-se aproximadamente 236,06 sacadas para os alunos com MD e 171,40 para os alunos com PD.

Observa-se que os números médios de sacadas do Diagrama de Caixas 5 são aproximadamente 385,26 (MD) e 461,18 (PD). Sabendo que as distribuições não são normais, o teste de *Wilcoxon* ao nível de significância de 5%, demonstrou que a diferença entre as médias não é significativa, pois $p > 0,05$ (*p-value/ Wilcoxon* = 0,1403). Entretanto, se for considerado 85% de confiança, passa a ser significativo.

O Diagrama de Caixas 5 apresenta pontos discrepantes (*outliers*), dados que se diferenciam muito dos outros e saem da normalidade. Indicam que esses alunos realizaram um número de sacadas bem acima do que a maioria dos alunos participantes da pesquisa.

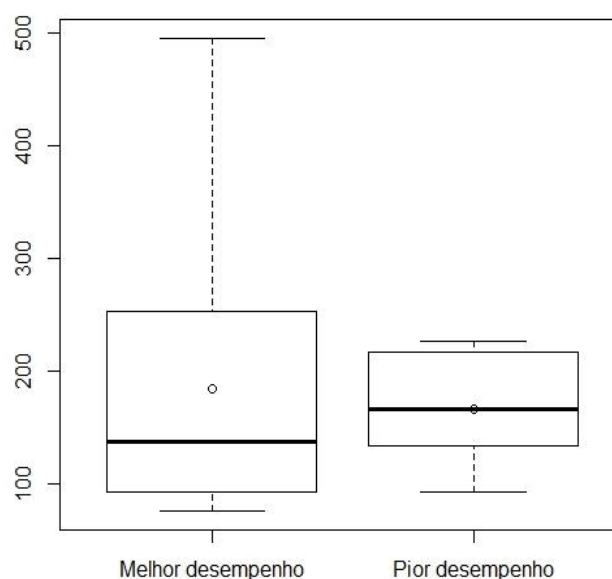
Diagrama de Caixas 5 - número de sacadas CDI I



Fonte: Autoria própria (2019)

Analisando-se os dados relativos à CDI II e aplicando o teste de normalidade *Shapiro-Wilk*, verificou-se que as distribuições não são normais (p -value/ *Wilk*/ melhores = 0,01517 e p -value/ *Wilk*/ piores = 0,6689). Como as distribuições não são normais, não é possível aplicar o teste t. Por isso, foi utilizado o teste de *Wilcoxon*, o qual não apontou diferença significativa entre as médias p -value/ *Wilcoxon* = 0,5787.

No Diagrama de Caixas 6 observa-se qualitativamente uma diferença na dispersão dos valores entre os grupos, pois MD apresenta uma caixa mais alta que PD. Quantitativamente, foi calculado o DP, obtendo-se 132,53 (MD) e 44,73 (PD), reafirmando a diferença entre as alturas das caixas analisadas qualitativamente.

Diagrama de Caixas 6 - Número de sacadas CDI II

Fonte: Autoria própria (2019)

A seguir encontra-se a Tabela 7 com os dados estatísticos obtidos na análise quanto ao número de sacadas realizadas pelos alunos.

Tabela 7 - Síntese dos dados estatísticos: Número de sacadas

	Ensino Médio		CDI I		CDI II	
	MD	PD	MD	PD	MD	PD
<i>p-value/ Wilk</i>	0,402	0,0008631	0,0113	0,3415	0,01517	0,6689
<i>p-value/ wilcoxon</i>	0,393		0,1403		0,5787	
Desvio padrão	63,55	74,35	236,06	171,40	132,53	44,73
Média	177,19	164,31	385,26	461,18	184,26	166,98

Fonte: Autoria própria (2019)

A segunda hipótese desta pesquisa a partir da análise de sacadas é que **existe distinção entre os dois grupos de alunos quando se observa o comportamento ocular quanto ao número de sacadas.**

A hipótese se confirma quando se observa especificidades dos níveis das provas. Por exemplo, em CDI I, é possível observar qualitativamente no Diagrama de Caixas 5, que a média do número de sacadas dos alunos com PD é superior aos alunos com MD, corroborando com a conclusão que os alunos com PD em CDI I realizam mais sacadas, porque leem mais vezes a questão do que os alunos com

MD. De acordo com Forster (2017), o número de sacadas tende a ser menor em textos com os quais o leitor tem alguma familiaridade, portanto é possível inferir que o grupo PD apresentou menor familiaridade com as questões de CDI I (grupo em que houve maior diferença qualitativa) do que o grupo MD.

Quantitativamente, quando se observa as médias na Tabela 5, verifica-se que o número de sacadas se difere nos grupos corroborando com a hipótese. No teste de nível médio, os alunos MD realizaram maior número de sacadas que PD, entretanto a diferença foi pequena. Em CDI II ocorre o mesmo. Entretanto, em CDI I os alunos com MD realizam menos sacadas que os alunos com PD. Este fator também foi observado nos dados do tempo de leitura, pois de acordo com Maia (2016) estes dados estão vinculados. Estatisticamente, assim como na média de tempo de leitura, somente em CDI I que há diferença significativa a 85% de confiança, corroborando também para a confirmação parcial da quinta hipótese que afirma que há **diferenças significativas estatísticas observáveis a um nível de confiança de 85%** em CDI I.

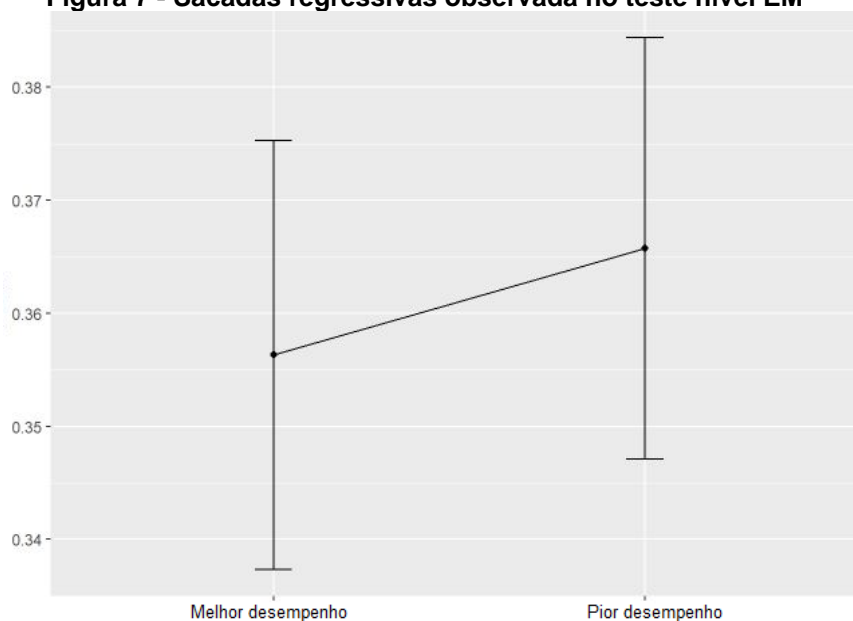
4.2.2 Resultado e Análise Estatística quanto às Sacadas Regressivas

A sacada regressiva (ou regressão) é a sacada que volta em direção ao texto que já foi lido e visualizado. As sacadas regressivas, pela literatura, são de 10 a 15% do número total de sacadas.

Analisando as sacadas regressivas, o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* para os alunos que fizeram as questões de nível EM indicou que a distribuição dos alunos com MD é normal (*p-value/ Wilk* = 0,8526), assim como o grupo com PD (*p-value/ Wilk* = 0,5941).

A partir disso, o teste t de significância evidenciou que, com 95% de confiança, as médias são diferentes, mas a diferença não é significativa, pois $p > 0,05$ (*p-value/ teste t* = 0,7269).

A partir da Figura 7 é possível observar que as médias do número de sacadas regressivas dos dois grupos no nível do EM ficaram muito próximas: 35,63% (MD) e 36,57% (PD), não sendo possível diferenciar os dois grupos sob este aspecto.

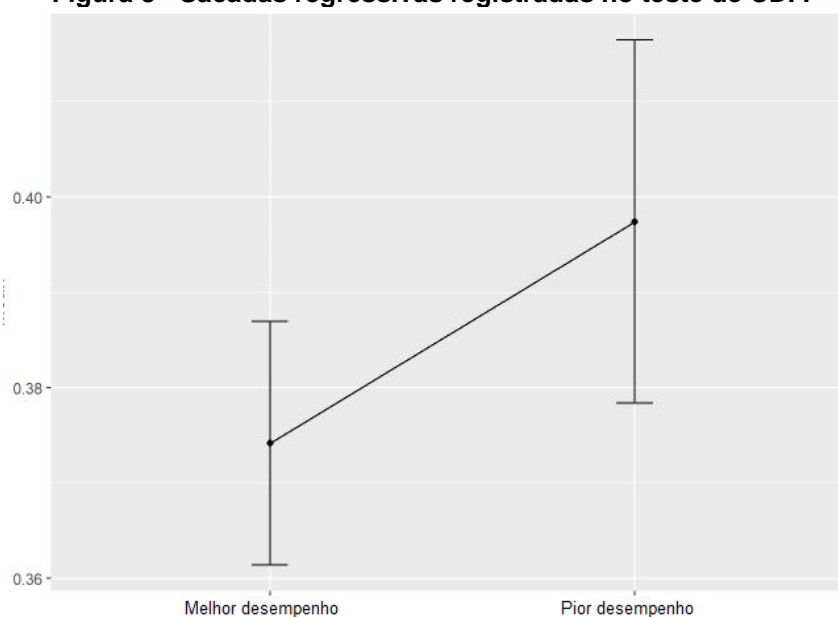
Figura 7 - Sacadas regressivas observada no teste nível EM

Fonte: Autoria própria (2019)

Ao aplicar o teste com as questões de CDI I, o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* indicou que a distribuição dos alunos com MD é normal ($p\text{-value}/Wilk = 0,6886$), assim como o grupo com PD ($p\text{-value}/Wilk = 0,96$).

O teste t de significância evidenciou que, com 95% de confiança, as médias são diferentes. Entretanto a diferença não é significativa, pois $p > 0,05$ ($p\text{-value}/teste\ t = 0,3254$). As médias de sacadas regressivas neste grupo (Figura 8) também foram aproximadas: 37,41% (MD) e 39,74% (PD).

Conclui-se que há uma pequena diferença no número de sacadas regressivas entre o grupo com MD em CDI I e o grupo com PD.

Figura 8 - Sacadas regressivas registradas no teste de CDI I

Fonte: Autoria própria (2019)

No grupo que desenvolveu as questões de CDI II, o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* indicou que a distribuição dos alunos com MD é normal (*p-value/ Wilk* = 0,0628), assim como o grupo com PD (*p-value/ Wilk* = 0,7734).

O teste t de significância evidenciou que as médias entre os alunos com melhor e pior desempenho são diferentes, mas essa diferença não é significativa pois $p > 0,05$ (*p-value/ teste t* = 0,1451). As médias encontradas para o número de sacadas regressivas também são próximas, confirmando que não há diferença significativa no número de sacadas regressivas.

As médias das porcentagens nos números de sacadas regressivas demonstradas na Figura 9 (32,32%/ MD e 35,48%/ PD) indicam que a diferença é pequena e não significativa. Entretanto, os alunos com PD realizaram mais sacadas regressivas nas questões de CDI II do que os alunos com MD.



Fonte: Autoria própria (2019)

Ao visualizar as Figuras 7, 8 e 9, verifica-se que os grupos não podem ser significativamente diferenciados ao se analisar as sacadas regressivas, pois os valores diferiram pouco entre os alunos com MD e PD. Nas três figuras, observa-se que os alunos com MD fizeram menos sacadas regressivas, sendo que a maior diferença ocorreu no teste realizado pelos alunos de CDI II.

A seguir encontra-se a Tabela 8 com os dados estatísticos obtidos na análise quanto ao número de sacadas regressivas realizadas pelos alunos.

Tabela 8 - Síntese dos dados estatísticos: Sacadas regressivas

	Ensino Médio		CDI I		CDI II	
	MD	PD	MD	PD	MD	PD
<i>p-value/ Wilk</i>	0,8526	0,5941	0,6886	0,96	0,0628	0,7734
<i>p-value/ teste t</i>	0,7269		0,3254		0,1451	
Desvio padrão	0,06%	0,058%	0,040%	0,060%	0,056%	0,031%
Média	35,63%	36,57%	37,41%	39,74%	32,32%	35,48%

Fonte: Autoria própria (2019)

A segunda hipótese relacionada a este item de que **há diferença no comportamento ocular verificável através da análise das sacadas regressivas entre os grupos com melhor e pior desempenho** se confirma ao se observar

qualitativamente as Figuras 7, 8 e 9. Na Figura 7 relacionada às questões de EM é observável que os grupos apresentam variação muito parecida (altura das barras). As médias também ficaram muito próximas, indicando que neste nível não há diferenças significativas entre MD e PD. De acordo com Rayner (1998), a sacada regressiva pode agir como medição de dificuldades durante a decodificação. Portanto é possível afirmar que neste nível não houve dificuldades na compreensão, pois o número de sacadas regressivas foi muito semelhante nos dois grupos.

Na Figura 8 relacionada ao nível de questões de CDI I, disciplina em que surgem dificuldades de aprovação conforme dados que constam na Tabela 1, é possível observar maior dispersão entre os grupos, as médias de sacadas regressivas aumentaram em relação ao EM, entretanto novamente ficaram bem próximas. Na Figura 9 a situação se inverte: o grupo de maior dispersão é CDI I, no qual MD ficou mais disperso do que PD.

A sacada regressiva pode servir de medida de dificuldades durante a leitura e compreensão, pois é a sacada que volta ao que já foi visualizado, indicando que ainda não houve compreensão.

Para Klein (2013), as sacadas regressivas ocorrem para retomar a palavra a fim de uma nova leitura. Nem sempre as palavras que são puladas durante o processo de leitura não foram processadas, pois de acordo com Rayner (1998), muitas vezes essas palavras puladas são processadas pela visão parafoveal.

Em estudos sobre as sacadas regressivas, Murray e Kennedy (1998) indicaram que há diferenças na precisão das sacadas regressivas entre bons e maus leitores. Na pesquisa realizada por estes autores, os bons leitores foram capazes de localizar a área-alvo com poucas sacadas de alta precisão, enquanto que os maus leitores apresentaram pequenas sacadas regressivas em busca da área-alvo.

Vitu (2005) pesquisou as sacadas regressivas durante a leitura de texto e afirma que a maior parte das regressões está diretamente relacionada ao padrão de leitura do pesquisado e das características lingüísticas da palavra visualizada anteriormente. Assim, é possível afirmar que há mais sacadas regressivas quando o leitor possui mais dificuldade de leitura. Para Yokomizo *et al.* (2008), regressões com mais de dez letras refletem a dificuldade que o leitor tem na compreensão do conteúdo. Assim as sacadas levam a palavras que precisam ser processadas novamente.

Há uma correlação entre o aumento da habilidade de leitura e os movimentos oculares, pois em participantes com boa leitura desenvolvida, enquanto que a frequência das sacadas regressivas diminuem (MACEDO *et al.*, 2007).

Rayner (1998) afirma que as sacadas regressivas são indícios de dificuldades de processamento. Ao se observar as Figuras 7, 8 e 9, verifica-se que nas três etapas houve maior número de sacadas regressivas realizadas pelos alunos com pior desempenho, confirmando a hipótese de que **os alunos com pior desempenho realizam mais sacadas regressivas que os alunos com melhor desempenho**. Entretanto é preciso retomar que, mesmo que a maioria das sacadas regressivas sejam pequenas, somente o recuo de longas frases pode demonstrar alguma confusão no processamento de texto, o que não foi tema de análise neste caso (MACEDO *et al.*, 2007).

Quantitativamente e de modo estatístico, apenas os dados de CDI II corroboram com a quinta hipótese de que **há diferenças significativas estatísticas observáveis a um nível de confiança de 85%**, pois o *p-value*/teste t para este caso foi de 0,1451.

4.3 RESULTADO E ANÁLISE QUANTO ÀS FIXAÇÕES

As fixações podem ser definidas pelas pausas do olhar fixo em um determinado ponto, sendo sucessivamente seguidos de movimentos rápidos quando o olho se dirige a um novo ponto fixado.

4.3.1 Resultado e Análise Estatística quanto ao Número de Fixações

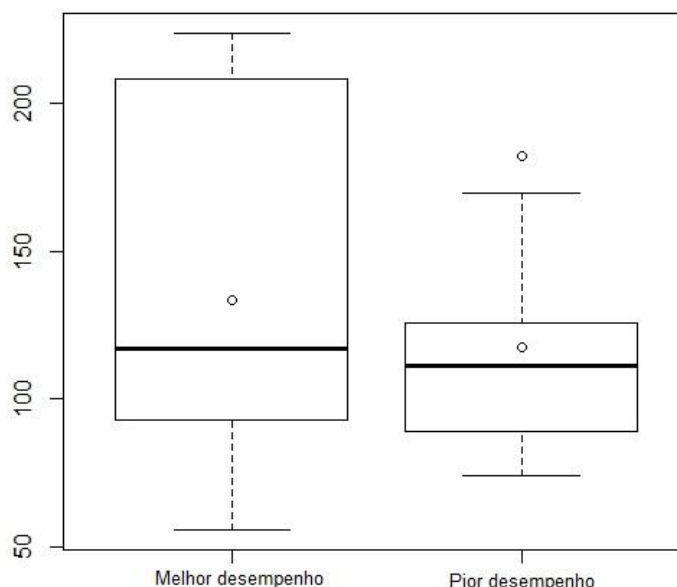
Ao aplicar o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* quanto ao número de fixações para os alunos que fizeram as questões do nível EM, verificou-se que a distribuição dos alunos com MD é normal (*p-value*/ *Wilk* = 0,1274), assim como o grupo com PD (*p-value*/ *Wilk* = 0,2968), pois ambas são maiores que 0,05.

No Diagrama de Caixas 7 observa-se qualitativamente uma grande diferença na dispersão dos valores para os alunos com MD, pois a altura da caixa é bem superior à caixa que representa os alunos com PD. Quantitativamente, foi calculado

o DP de cada grupo obtendo-se 60,37 fixações para os alunos com MD e 35,09 para os alunos com PD, o que reafirma a medida qualitativa da altura das caixas. Há um aluno que gerou um *outlier* porque se afastou consideravelmente do número de fixações dos demais alunos do grupo de PD, indicando que fixou mais que os demais alunos.

Observa-se que os números de fixações do Diagrama de Caixas 7 são 133 (MD) e 117 (PD). Para analisar os dois conjuntos de dados, foi aplicado o teste t de comparação de médias. Partindo do pressuposto que as distribuições são normais, o teste t ao nível de significância de 5%, demonstrou que a diferença entre as médias não é significativa, pois $p > 0,05$ ($p\text{-value/ teste t} = 0,4875$).

Diagrama de Caixas 7 - Número de fixações (Ensino Médio)



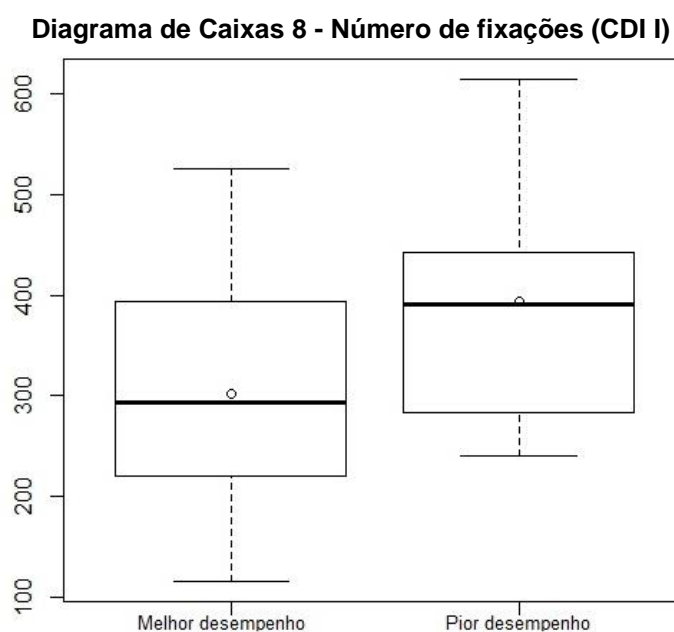
Fonte: Autoria própria (2019)

Analisando-se o Diagrama de Caixas 8 que corresponde à quantidade das fixações feita pelos alunos que concluíram CDI I, o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* indicou que as distribuições das médias dos alunos são normais, pois o $p\text{-value/ Wilk/}$ melhores: 0,9365 e o $p\text{-value/ Wilk/}$ piores foi de 0,705, ambos maiores que 0,05.

Qualitativamente observa-se uma pequena diferença na dispersão das caixas. MD é superior no tamanho da caixa a PD. Além disso, é possível perceber que a média e a mediana ficaram bem próximas, indicando que os dados estão dispersos e a distribuição está bem normalizada. Quantitativamente, foi calculado o

DP de cada grupo obtendo-se 127,61 fixações para os alunos com MD e 119,83 para os alunos com PD, o que reafirma a medida qualitativa da altura das caixas.

Os números médios das fixações são de aproximadamente 301 fixações (MD) e 393 fixações (PD). Para analisar os dois conjuntos de dados, foi aplicado o teste t de comparação de médias e se obteve *p-value*/ teste t = 0,1161, sendo maior que 0,05. Portanto é possível considerar que a diferença não é significativa em um intervalo de confiança de 95%.



Fonte: Autoria própria (2019)

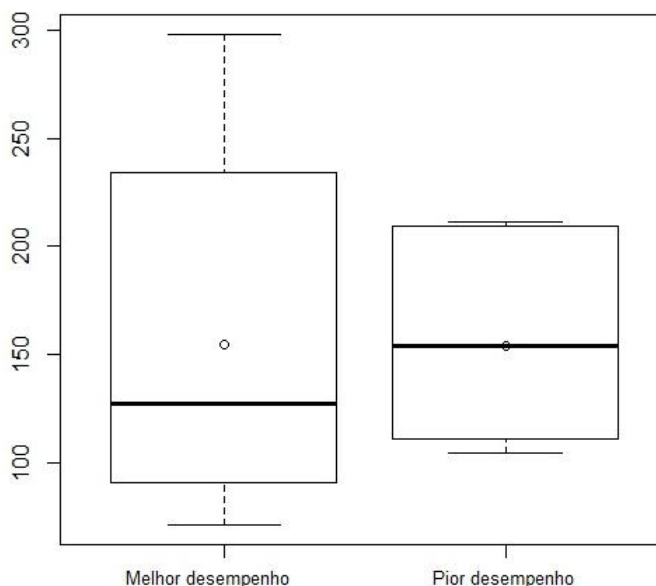
Analisando-se os dados relativos à CDI II e aplicando o teste de normalidade *Shapiro-Wilk*, verificou-se que as distribuições são normais, pois são maiores que 0,05 (*p-value*/ *Wilk*/ melhores = 0,1078 e *p-value*/ *Wilk*/ piores = 0,07287).

No Diagrama de Caixas 9 observa-se qualitativamente uma diferença na dispersão dos valores entre os grupos, pois MD apresenta uma caixa mais alta que PD. A variação entre um grupo e outro também é observável, pois MD está entre 0 e 300 fixações e PD entre 0 e 200 fixações aproximadamente. Quantitativamente, foi calculado o DP, obtendo-se 80,70 (MD) e 43,98 (PD), reafirmando a diferença entre as alturas das caixas analisadas qualitativamente.

O Diagrama de Caixas 9 mostra que as médias do número de revisitas ficaram muito parecidas: média de 154 fixações por aluno, o que indicou que não há diferença no processamento das informações entre os dois grupos. Para analisar os

dois conjuntos de dados o teste t de comparação de médias foi aplicado com nível de significância a 5%, o qual não apontou diferença significativa nas médias, pois o *p-value*/ teste t = 0,9937 é maior que 0,05.

Diagrama de Caixas 9 - Número de fixações (CDI II)



Fonte: Autoria própria (2019)

A seguir encontra-se a Tabela 9 com os dados estatísticos obtidos na análise quanto ao número de fixações realizadas pelos alunos.

Tabela 9 - Síntese dos dados estatísticos: Número de fixações

	Ensino Médio		CDI I		CDI II	
	MD	PD	MD	PD	MD	PD
<i>p-value</i> / <i>Wilk</i>	0,1274	0,2968	0,9365	0,705	0,1078	0,07287
<i>p-value</i> / teste t	0,4875		0,1161		0,9937	
Desvio padrão	60,37	35,09	127,61	119,83	80,70	43,98
Média	133	117	301	393	154	154

Fonte: Autoria própria (2019)

A hipótese de que **existe distinção entre os dois grupos de alunos quando se observa o comportamento ocular quanto ao número de fixações** se confirma parcialmente nas análises qualitativas quanto ao número de fixações ao se verificar que, por mais que haja maior dispersão na quantidade de fixações no EM e

CDI II, as médias nestes níveis entre os grupos é bem semelhante e em CDI II é exatamente igual. A Tabela 5 confirma essa informação com dados quantitativos, a qual apresenta os dados de que, para o nível EM, os alunos MD fixaram pouco mais que PD, em CDI I MD fixou menos que PD e em CDI II a quantidade de fixações foi a mesma entre os dois grupos.

Em relação às fixações, há questionamentos e estudos sobre quais palavras os olhos fixam mais, quando os olhos descansam, quando os olhos voltam a fixar as palavras. Na década de 80, Carpenter (1988) e outros pesquisadores realizaram estudos e concluíram que não há defasagem entre o que é fixado e o que é processado. Esta hipótese afirmava que há uma correlação direta e instantânea entre o que um indivíduo olha (palavra ou objeto) e o que pensa (processo cognitivo) sobre esta palavra ou objeto.

Hoffmann (2013) questiona a hipótese de Carpenter ao acrescentar observações a respeito de que nem sempre a fixação demonstra fielmente o que o indivíduo visualiza naquele momento, pois a visão periférica já foi comprovada e está presente na utilização do *eye tracking*.

Entretanto, não há registros possíveis com o uso do rastreador ocular da visão periférica, portanto, as análises nesta pesquisa retratam os dados das fixações que o aparelho registra, descartando pontos dispersos na tela durante a leitura e utilizando apenas as fixações percebidas pelo rastreador ocular.

Yokomizo *et al.* (2008) realizaram uma pesquisa comparando o número de fixações entre crianças e universitários. Perceberam que as crianças apresentam um número de fixações muito maior, indicando que este fator está diretamente relacionado com a habilidade de leitura. No caso desta pesquisa, como todos os alunos são universitários e dominam a leitura, não houve maiores diferenças entre os grupos. Apenas em CDI I houve uma diferença mais significativa entre MD e PD, concordando com a pesquisa dos autores.

Estatisticamente, é possível confirmar parcialmente a hipótese de que **há diferenças significativas estatísticas observáveis a um nível de confiança de 85%** apenas nas questões de CDI I, pois o *p-value/* teste t para este caso foi de 0,1161. Só é possível afirmar que há diferenças significativas a 85% no número de fixações realizadas pelos grupos MD e PD nas questões de CDI I resolvidas pelos alunos.

4.3.2 Resultado e Análise Estatística quanto às Áreas de Interesse

As áreas de interesse foram definidas pela pesquisadora como áreas relevantes/ importantes para os participantes da pesquisa. Observando os mapas de calor, foram definidas como áreas de interesse aquelas altamente visualizadas de acordo com a média do tempo de fixação, que o *software BeGaze* (SMI) gerou nas imagens em verde, amarelo e vermelho. A média de tempo de fixação varia de acordo com a tela e com os participantes, mas, de forma geral, pode-se dizer que foram consideradas áreas de interesse aquelas que estão entre 140 e 300 ms. Foram definidas 27 áreas de interesse para as questões de EM, 20 para as questões de CDI I e 21 para CDI II.

4.3.2.1 Análise quanto às revisitas por área de interesse determinada

As revisitas são o número de vezes que o leitor retorna à área de interesse depois que deixou de visualizar a área. Elas foram analisadas considerando cada área de interesse, ou seja, quantas vezes em média os alunos revisitaram cada área de interesse.

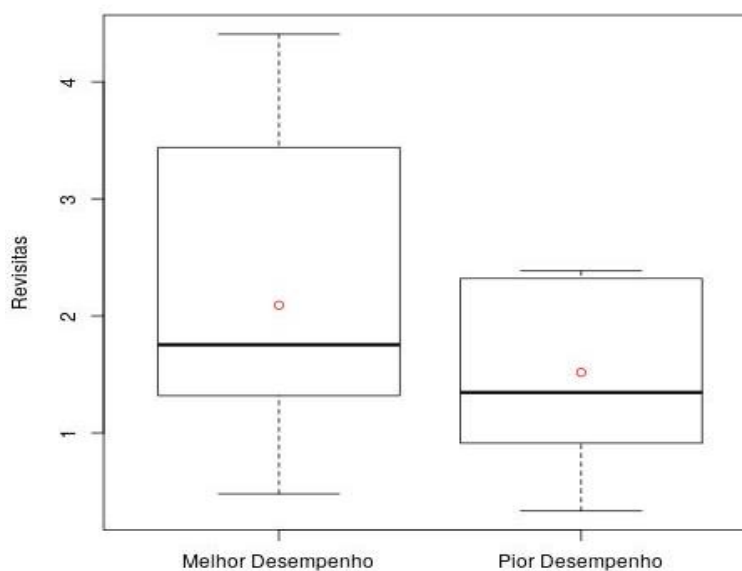
Ao aplicar o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* quanto às revisitas para os alunos que fizeram as questões do EM, verificou-se que a distribuição dos alunos com MD é normal (*p-value/ Wilk* = 0,2915), assim como o grupo com PD (*p-value/ Wilk* = 0,2402), pois ambas são maiores que 0,05.

No Diagrama de Caixas 10 observa-se qualitativamente uma maior dispersão dos valores para os alunos com MD, pois a altura da caixa é superior à caixa que representa os alunos com PD. Quantitativamente, foi calculado o DP de cada grupo obtendo-se aproximadamente 1,28 revisitas para os alunos com MD e 0,73 para os alunos com PD, o que reafirma a medida qualitativa da altura das caixas. O valor médio acaba sendo pequeno, pois foi considerado o valor total de revisitas ao dividir pelo número de áreas de interesse, a fim de se obter a média.

Observa-se que os números médios de revisitas do Diagrama de Caixas 10 são aproximadamente 2 (MD) e 1,5 (PD). Para analisar os dois conjuntos de dados, foi aplicado o teste t de comparação de médias. Partindo do pressuposto que as

distribuições são normais, o teste t ao nível de significância de 5%, mostrou que a diferença entre as médias não é significativa, pois $p > 0,05$ (p -value/ teste t = 0,1173).

Diagrama de Caixas 10 - Revisitas às áreas de interesse (Ensino Médio)



Fonte: Autoria própria (2019)

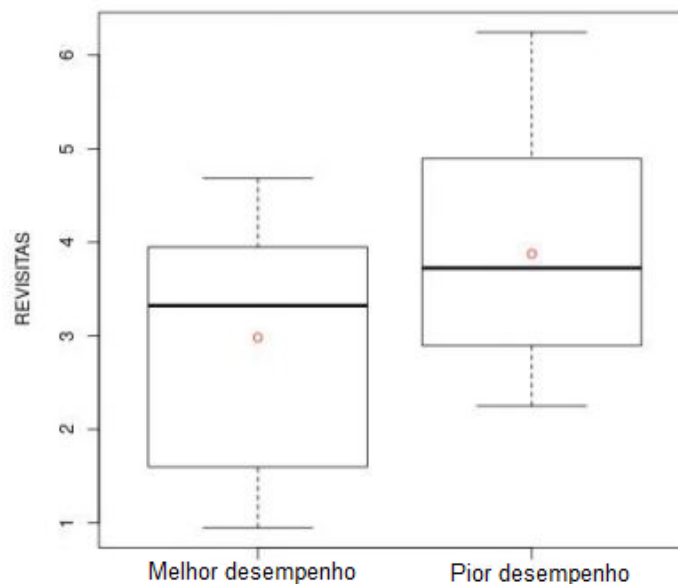
O teste de normalidade *Shapiro-Wilk* aplicado aos dados das revisitas realizadas pelos alunos de CDI I, mostrou que a distribuição dos alunos com MD é normal (p -value/ *Wilk* = 0,351), assim como o grupo com PD (p -value/ *Wilk* = 0,6147), pois ambas são maiores que 0,05.

A partir do Diagrama de Caixas 11, observa-se qualitativamente uma dispersão dos valores muito próxima para ambos os grupos, pois a altura da caixa é praticamente a mesma. Quantitativamente, foi calculado o DP de cada grupo obtendo-se aproximadamente 1,35 revisitas para os alunos com MD e 1,34 para os alunos com PD, confirmando a proximidade da altura das caixas.

Observa-se que os números médios de revisitas do Diagrama de Caixas 11 são aproximadamente 3 (MD) e 4 (PD). Para analisar os dois conjuntos de dados, foi aplicado o teste t de comparação de médias. Partindo do pressuposto de que as distribuições são normais, o teste t ao nível de significância de 5%, demonstrou que a diferença entre as médias não é significativa, pois $p > 0,05$ (p -value/ teste t = 0,07871). No entanto, ao considerar o nível de 10%, essa diferença se torna significativa.

Qualitativamente, ainda é possível observar no Diagrama de Caixas 11, que a média de revisitas dos alunos com PD é superior aos alunos com MD.

Diagrama de Caixas 11 - Revisitas às áreas de interesse (CDI I)

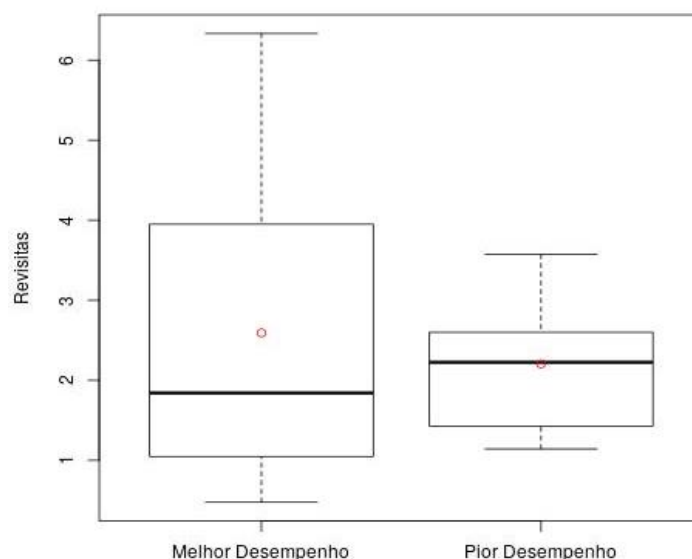


Fonte: Autoria própria (2019)

Analisando-se os dados relativos à CDI II e aplicando o teste de normalidade *Shapiro-Wilk*, verificou-se que as distribuições são normais, pois são maiores que 0,05 ($p\text{-value}/Wilk/\text{melhores} = 0,134$ e $p\text{-value}/Wilk/\text{piores} = 0,754$).

No Diagrama de Caixas 12 observa-se qualitativamente uma grande diferença na dispersão dos valores entre os grupos, pois MD apresenta uma caixa bem mais alta que PD. A variação entre um grupo e outro também é observável, pois MD varia de 0 a 7 e PD de 1 a 4 revisitas aproximadamente. Quantitativamente, foi calculado o DP, obtendo-se 2,03 (MD) e 0,79 (PD), confirmando a diferença entre as alturas das caixas analisadas qualitativamente.

O Diagrama de Caixas 12 mostra que as médias do número de revisitas ficaram muito próximas, sendo entre 2 a 3 revisitas por área de interesse. Para analisar os dois conjuntos de dados, o t test de comparação de médias foi aplicado com nível de significância a 5%, o qual não apontou diferença significativa nas médias, pois o $p\text{-value}/\text{teste } t = 0,293 > 0,05$.

Diagrama de Caixas 12 - Revisitas às áreas de interesse (CDI II)

Fonte: Autoria própria (2019)

A análise das fixações, mais especificamente das áreas de interesse, oportunizou uma análise tanto qualitativa quanto quantitativa do comportamento ocular dos alunos. Pode-se inferir o esforço cognitivo a partir de uma junção de variáveis, dentre elas o número e duração das revisitas às áreas de interesse.

Uma pesquisa realizada por Rožek *et al.* (2014) sobre áreas de interesse mostrou em seus resultados o que interferiu para indicar a resposta correta à questão matemática não foi a quantidade de fixação e tempo de leitura, mas sim as revisitas para uma área chave que indicavam uma palavra específica para a resolução do problema (palavra sexto).

A seguir encontra-se a Tabela 10 com os dados estatísticos obtidos na análise estatística quanto às revisitas das áreas de interesse.

Tabela 10 - Síntese dos dados estatísticos: Revisitas às áreas de interesse

	Ensino Médio		CDI I		CDI II	
	MD	PD	MD	PD	MD	PD
<i>p-value/Wilk</i>	0,2915	0,2402	0,351	0,6147	0,134	0,754
<i>p-value/ teste t</i>	0,1173		0,07871		0,293	
Desvio padrão	1,28	0,73	1,35	1,34	2,03	0,79
Média	2	1,5	3	4	2,6	2,2

Fonte: Autoria própria (2019)

A quarta hipótese de que **existe distinção entre os dois grupos de alunos quando se observa o comportamento ocular quanto às áreas de interesse** pode ser confirmada ao se observar os diagramas de caixas 10, 11 e 12. Neles é possível verificar que a média do número de revisitas não é um valor muito alto. Isso ocorre devido ao grande número de áreas de interesse selecionadas. Mesmo sendo um valor baixo, percebe-se que, no Diagrama de Caixas 10, os alunos apresentam uma média mais baixa, provavelmente devido ao fato de serem as questões referentes ao EM: 2 revisitas por área de interesse aos alunos MD e 1,5 aos alunos PD. Em CDI I, o grau de complexidade aumenta, assim como a média das revisitas para 3 (MD) e 4 (PD). Pela literatura, é possível inferir que os alunos com PD em CDI I realizam mais revisitas, porque leem mais vezes que os alunos com melhor desempenho (RAYNER, 1988). Em CDI II, os alunos apresentam médias de revisitas muito semelhantes: 2,6 (MD) e 2,2 (PD).

Sobre as revisitas por área de interesse, foram encontrados na revisão sistematizada poucos trabalhos que citam esse assunto, sendo um indício, que o assunto precisa de maiores discussões, análises e publicações. Um dos trabalhos citados é de Malta (2015), que objetiva em sua pesquisa investigar evidências de esforço cognitivo com base em indicadores do processo tradutório, como movimentos recursivos, pausas e número e duração de fixações. Jakobsen e Jensen (2008) e Hvelplund (2015) relatam outros trabalhos que realizaram estudos sobre o número de revisitas e sobre as áreas de interesse.

Com base na pesquisa de Malta (2015), um estudo similar foi realizado por Duarte (2017) com a intenção de investigar o desempenho de estudantes de língua estrangeira no par linguístico francês-português. A alocação de esforço cognitivo nas áreas e micro áreas de interesse foi apresentada no texto por meio da análise de variáveis de rastreamento ocular, consideradas indicativas de esforço cognitivo: visitas (número e duração), transições visuais e fixações (número e duração). Entretanto, por se tratar de trabalho de tradução, não houve relações diretas com esse trabalho.

Rožek *et al.* (2014) apresentam um estudo sobre áreas de interesse utilizando o rastreador ocular para acompanhar os movimentos do globo ocular enquanto o sujeito resolve um teste de matemática. Objetivaram na pesquisa constatar e analisar as características principais dos movimentos oculares para resolver uma tarefa matemática - análise de um desenho, envolvendo três grupos

distintos: alunos de uma escola secundária, universitários e especialistas (doutorandos ou doutores).

A pesquisa de Rožek *et al.* (2014) abre novas possibilidades de análises cognitivas na didática da matemática, mostrando a utilidade da técnica de rastreamento ocular para detectar diferenças entre os três grupos testados.

4.3.2.2 Análise quanto à duração das fixações das áreas de interesse

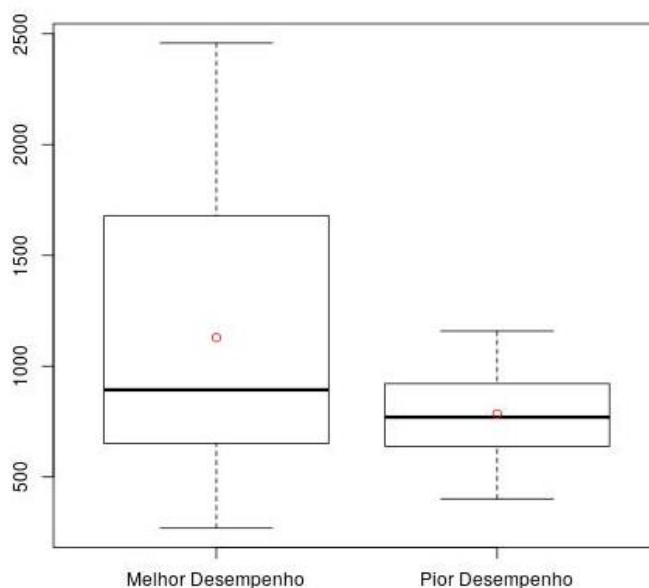
Analisando a duração das fixações em milissegundos, ou seja, o tempo de fixação, o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* para os alunos que fizeram as questões de nível EM indicou para os alunos com MD o *p-value/ Wilk* = 0,4408 e o grupo com PD obteve *p-value/ Wilk* = 0,9679. Portanto, com os *p-value/ Wilk*, verificou-se que as distribuições são normais e é possível aplicar o teste t, pois *p-value* é maior que 0,05.

O teste t de significância evidenciou que, com 95% de confiança, que a diferença entre as médias não é significativa, pois $p > 0,05$ (*p-value/ teste t* = 0,0889). No entanto, essa diferença é significativa quando se considera 90% de confiança.

Observa-se no Diagrama de Caixas 13 que o valor médio da duração das fixações das áreas de interesse é de 1128 milissegundos (MD) e 785 (PD). Qualitativamente se observa que há maior dispersão dos valores para os alunos com MD, pois a altura da caixa é bem superior que a altura da caixa que representa os alunos com PD. Quantitativamente, para comprovar a análise qualitativa, foram calculados os desvios padrões: 718 ms (MD) e 229 ms (PD).

A média da duração das fixações, verificada no Diagrama de Caixas 13, é maior entre os alunos com MD, assim como a variação da duração das fixações, conforme se observa nos quartis. Pode-se afirmar qualitativamente que os alunos com MD fixam mais tempo as áreas de interesse do que os alunos com PD. Um aluno do grupo com MD diferenciou-se do grupo, pois a duração das suas fixações nas áreas de interesse chegou a 2500 ms.

Diagrama de Caixas 13 - Duração das fixações das áreas de interesse (Ens. Médio)



Fonte: Autoria própria (2019)

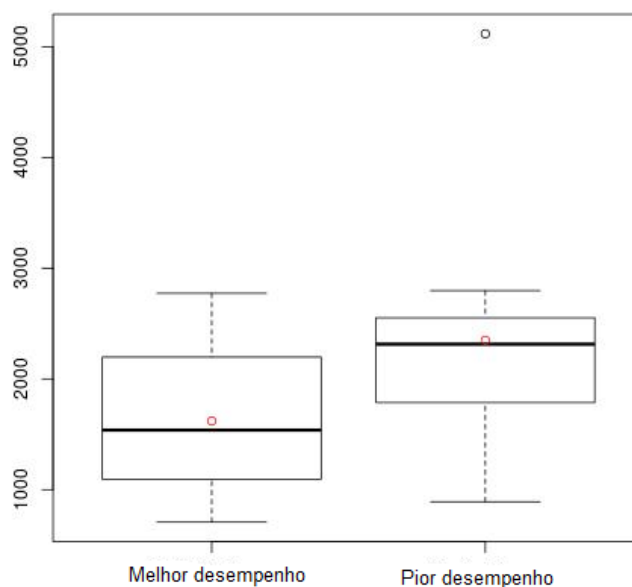
Analisando-se o Diagrama de Caixas 14, que corresponde a duração das fixações nas áreas de interesse pelos alunos que concluíram CDI I, o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* indicou que as distribuições das médias dos alunos são normais, pois o *p-value/ Wilk/* melhores: 0,4981 e o *p-value/ Wilk/* piores foi de 0,06297, ambos maiores que 0,05.

No Diagrama de Caixas 14 também há um aluno que gerou um *outlier* porque se afastou consideravelmente das medidas dos demais alunos, indicando que a duração de suas fixações foi muito superior aos demais alunos. Qualitativamente observa-se uma pequena diferença na dispersão das caixas. MD é superior no tamanho da caixa a PD, assim como ocorreu na análise do número de fixações para este mesmo nível de teste (Diagrama de Caixas 7).

Observa-se, no Diagrama de Caixas 14, que os números médios das durações das fixações das áreas de interesse são de 1619 ms (MD) e de 2348 ms (PD). Para analisar os dois conjuntos de dados, foi aplicado o teste t de comparação de médias e se obteve *p-value/ teste t* = 0,05293, sendo muito próximo de 0,05 (isso ocorreu devido ao *outlier* e pela amostra pequena). Portanto, é possível considerar a diferença entre as médias.

Em CDI I há um comportamento inverso ao acontecido nas questões de EM e CDI II. Nesta fase, os alunos com PD apresentam uma duração das fixações nas áreas de interesse maior que os alunos com MD.

Diagrama de Caixas 14 - Duração das fixações das áreas de interesse - CDI I



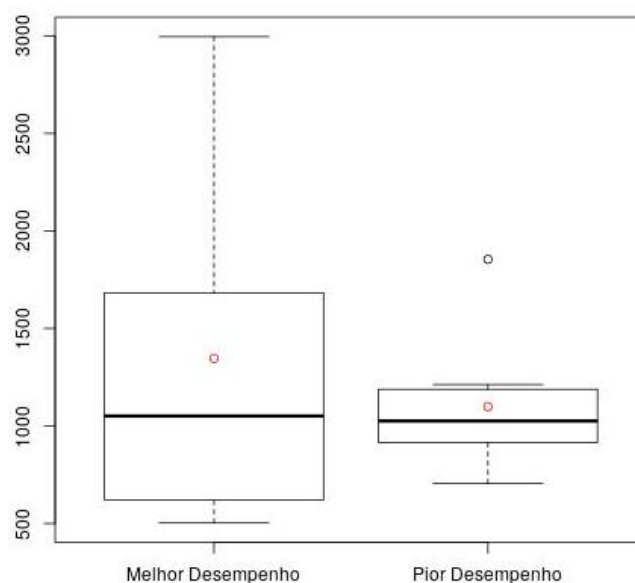
Fonte: Autoria própria (2019)

Em CDI II, o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* para os alunos com MD obteve o $p\text{-value}/ Wilk = 0,01963$ e o grupo com PD obteve $p\text{-value}/ Wilk = 0,04496$. As distribuições não são normais, pois o $p < 0,05$. Neste caso não é possível aplicar o teste t. Por isso, foi utilizado o teste de *Wilcoxon*, o qual não apontou diferença significativa entre as médias $p\text{-value}/ Wilcoxon = 0,9118$.

Qualitativamente há uma dispersão bem superior no grupo de MD ao se observar a altura das caixas. Quantitativamente, o DP para MD foi de 926 ms e para PD foi de 307 ms, que confirma a medida qualitativa da altura das caixas.

O Diagrama de Caixas 15 apresenta um comportamento semelhante aos alunos do primeiro teste. Em relação à duração das fixações das áreas de interesse, é possível observar nas questões de EM e em CDI II que houve maior variação de duração das fixações entre os alunos com MD, além da média também ficar acima dos alunos com PD, cujos valores foram mais concentrados, conforme se observa nos 3º e 4º quartis. Somente em CDI I é que os alunos com PD tiveram maior tempo de duração das fixações nas áreas de interesse indicando que houve mais dificuldade no processamento.

Diagrama de Caixas 15 - Duração das fixações das áreas de interesse - CDI II



Fonte: Autoria própria (2019)

A seguir encontra-se a Tabela 11 com os dados estatísticos obtidos na análise quanto à duração das fixações das áreas de interesse.

Tabela 11 - Síntese dos dados estatísticos: Duração das fixações das áreas de interesse

	Ensino Médio		CDI I		CDI II	
	MD	PD	MD	PD	MD	PD
<i>p-value/ Wilk</i>	0,4408	0,9679	0,4981	0,06297	0,01963	0,4496
<i>p-value/ teste t</i>	0,0889		0,05293		-----	
<i>p-value/ Wincoxon</i>	-----		-----		0,918	
Desvio padrão	718ms	229ms	734ms	1135ms	926ms	307ms
Média	1128ms	785ms	1619ms	2348ms	1346ms	1098ms

Fonte: Autoria própria (2019)

Analisando qualitativamente os diagramas de caixas 13, 14 e 15, é possível corroborar a hipótese de que **existe distinção entre os dois grupos de alunos quando se observa o comportamento ocular quanto à duração das fixações nas áreas de interesse**, pois comparando os grupos de alunos que fizeram o teste do EM e CDI II, o de MD fixam mais tempo do que o de PD e a dispersão também é superior. Já em CDI I ocorre o inverso, pois PD fixam mais tempo que o de MD.

Sobre esse assunto, Correia (2013) salienta que o tempo médio das fixações pode ser afetado pela complexidade da informação a ser processada e depende do contexto e da complexidade visual da palavra fixada.

Richardson e Spivey (2004) relatam que, de modo geral, as fixações duram entre 200-300 ms, entretanto pode variar a partir do grau da tarefa proposta pelo pesquisador aos participantes. Nos Diagramas de Caixas 13, 14 e 15 é perceptível que a média da duração das fixações foi maior nas questões de CDI I, seguida por CDI II e EM. De acordo com Barreto (2012), uma maior duração das fixações indica dificuldade do aluno na interpretação do conteúdo da área, o que se justifica nesse caso por se tratar de textos mais complexos, tratando-se de questões matemáticas onde o esforço para compreensão é maior do que em um texto “normal”.

Estatisticamente, ao se observar os dados da Tabela 11, é possível verificar que há diferenças significativas a 90% entre os grupos ao analisar os dados de EM e CDI I, pois o *p-value*/ teste t para EM foi de 0,0889 e para CDI I foi de 0,05293, corroborando com a hipótese cinco de que **há diferenças significativas estatísticas observáveis a um nível de confiança de 85% ou mais.**

4.3.3 Resultado e Análise Qualitativa: Mapas de Calor (Heat Map)

Esta pesquisa, além de ser quantitativa, é também qualitativa, sendo importante não só observar o viés estatístico, mas também as diferenciações demonstradas nos grupos estudados por meio de aprofundamento das questões de modo geral. O mapa de calor é capaz de fornecer, de modo geral, uma visão por meio de imagens estáticas geradas pela sobreposição dos mapas individuais de cada participante. Usa a cor e sua intensidade para mostrar o número de fixações realizadas e o tempo de duração em cada área de interesse.

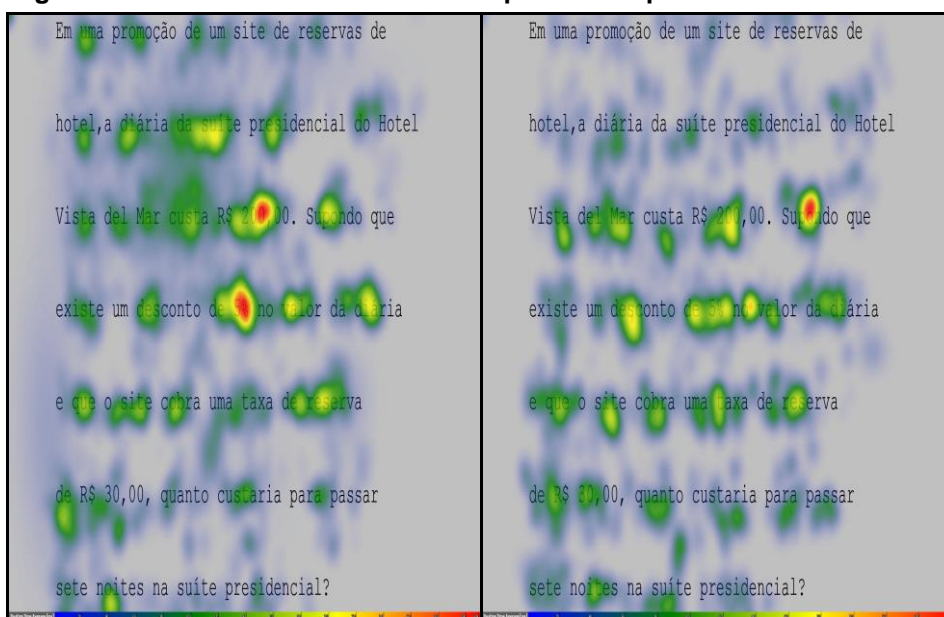
O mapa de calor mostra as áreas de maior foco de atenção do pesquisado, representando de forma gráfica os pontos de fixação (*gaze points*). Assim, apresentam a distribuição visual da atenção, de modo gradual, iniciando na cor verde, passando pelo amarelo até chegar à cor vermelha, que indica os maiores níveis de fixação ocular.

O mapa de calor evidencia, de forma qualitativa, quais elementos da tela estavam sendo observados pelas pessoas testadas. Estas representações gráficas

ajudam a responder a questões como: (a) onde o sujeito manteve os olhos, (b) quais elementos ganharam mais fixação, (c) se tem elementos focados com maior atenção, (d) se há alguma regularidade em se concentrar em certos elementos” (PŁUŻYCZKA, 2012).

Todos os mapas de calor na sequência apresentam os dados da seguinte forma: a imagem esquerda representa os dados dos alunos com melhor desempenho e a imagem à direita, os dados dos alunos com PD.

Figura 10 - Questão 1 do EM: melhor e pior desempenho no ENEM



Fonte: Autoria própria (2019)

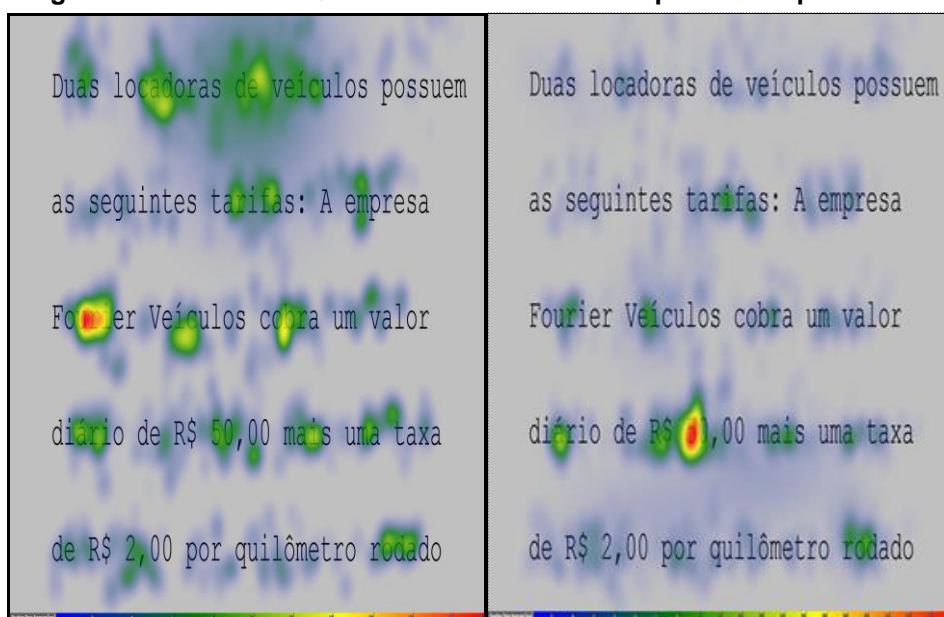
Na Figura 10, é possível verificar que os alunos com MD fixaram mais os valores “R\$ 200,00” e “5%” (cor vermelha), enquanto que os alunos com PD fixaram mais a palavra “supondo” (cor vermelha). Também é possível verificar uma leitura mais completa no primeiro grupo, uma vez que a imagem da direita mostra menos fixações no início da questão, demonstrando que os alunos com PD se detiveram mais no meio e fim da questão. Entretanto, em relação à quantidade de fixações, observa-se pouca diferença entre os grupos, conforme confirma a Tabela 12, na qual se visualiza que a questão 1 obteve, no grupo MD, uma média de 258 fixações, enquanto que PD obteve a média de 219 fixações.

Tabela 12 - Número médio de fixações por questão

Questão	ENSINO MÉDIO						CDI I						CDI II					
	Melhor desempenho ENEM			Pior desempenho ENEM			Melhor desempenho CDI I			Pior desempenho CDI I			Melhor desempenho CDI II			Pior desempenho CDI II		
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a
Média número fixações	258	321	321	219	287	295	219	280	367	273	428	432	153	157	262	186	205	269

Fonte: Autoria própria (2019)

As fixações ocorrem quando os olhos permanecem relativamente fixos, assimilando as informações. As fixações podem auxiliar na análise do processamento aplicado ao que foi observado e visualizado durante os testes.

Figura 11 - Parte 1 da Questão 2 do EM: melhor e pior desempenho no ENEM

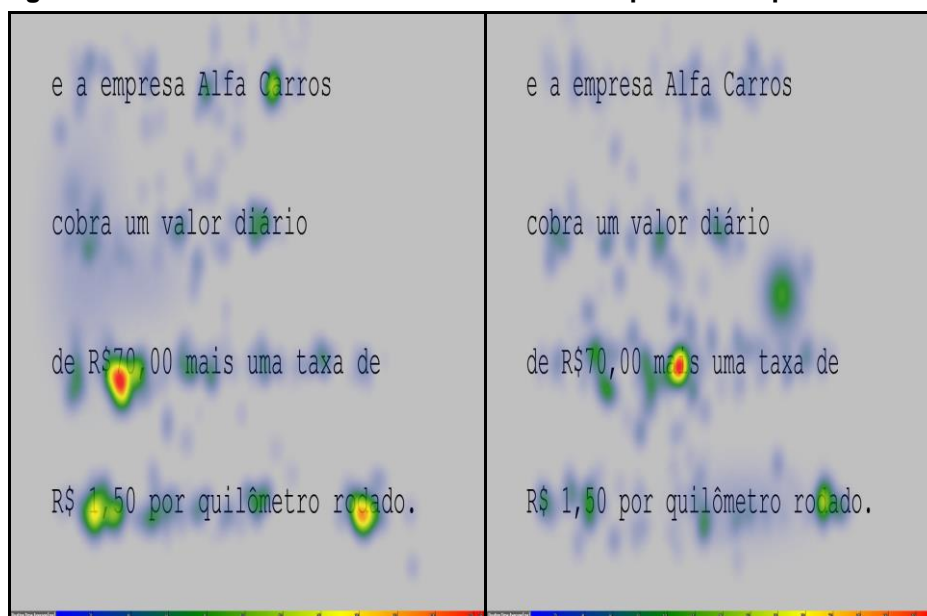
Fonte: Autoria própria (2019)

A Figura 11 mostra uma grande diferença entre MD e PD. Visivelmente os alunos com MD visualizaram mais áreas do que o outro grupo. No grupo PD, houve bem menos fixações e o item mais fixado foi um valor numérico: R\$ 50,00.

As Figuras 12 e 13, que apresentam a continuação da Questão 2, possuem o mesmo padrão da primeira parte, conforme se observa abaixo. A Figura 12 apresenta como palavras mais fixadas: “R\$70,00”, “R\$1,50”, “rodado” no grupo MD e “mais” no grupo PD. Nas questões de EM, percebe-se uma predominância no grupo MD de apresentar como áreas de interesse números matemáticos, que segundo

Cury (2004), é uma situação normal na leitura de problemas matemáticos.

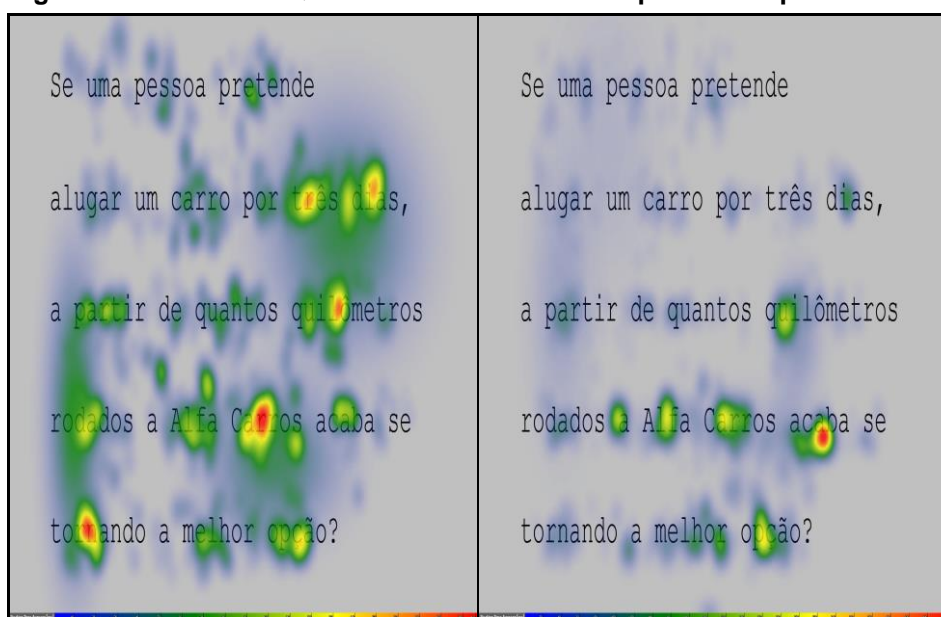
Figura 12 - Parte 2 da Questão 2 do EM: melhor e pior desempenho no ENEM



Fonte: Autoria própria (2019)

A Figura 13 mostra novamente que o primeiro grupo realizou mais fixações do que o segundo, comprovando os dados estatísticos apresentados na Tabela 12 de média de 321 fixações para o primeiro grupo e 287 no segundo.

Figura 13 - Parte 3 da Questão 2 do EM: melhor e pior desempenho no ENEM



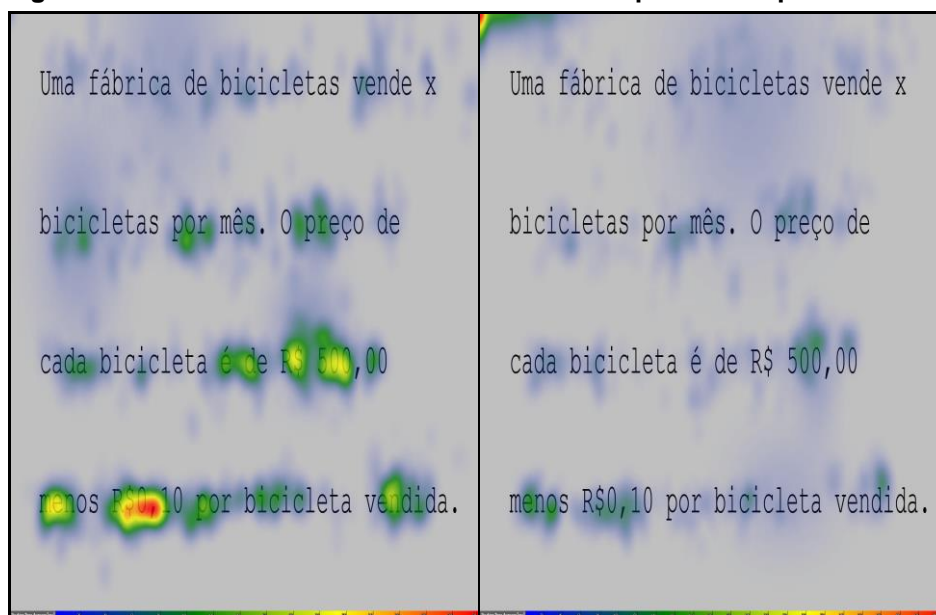
Fonte: Autoria própria (2019)

As Figuras 14, 15 e 16 apresentam a questão 3 do EM. A Figura 14 mostra que os alunos com MD realizam mais fixações do que o grupo com PD. Além disso,

a área de interesse mais fixada na primeira tela pelos alunos com MD foi “menos R\$ 0,10”, seguida de “R\$500,00”. Entretanto, entre os alunos com PD, não aparece nenhuma palavra em vermelho, comprovando que houve menos fixações. Nesta parte da questão, percebe-se que os alunos fixaram mais os valores matemáticos, o que, de acordo com Cury (2004), ocorre naturalmente em problemas matemáticos. A média de fixações nesta questão continua maior no grupo com MD: 321 (MD) e 295 (PD).

Alves, Gonçalves e Szpak (2012) corroboram afirmando que as áreas vermelhas são consideradas potenciais candidatas para palavras ou termos cognitivamente relevantes em termos de esforço de processamento.

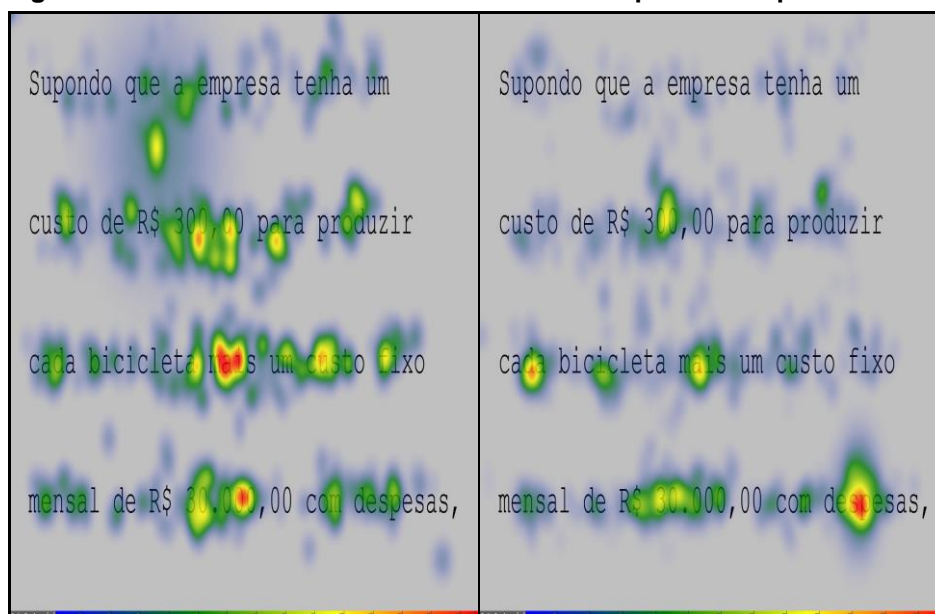
Figura 14 - Parte 1 da Questão 3 do EM: melhor e pior desempenho no ENEM



Fonte: Autoria própria (2019)

Verifica-se, na Figura 15, que o grupo com MD apresenta como palavras mais fixadas, na parte 2 da questão 3, novamente fixações vinculadas a números matemáticos: “R\$ 300,00”, “mais”, “R\$ 30.000,00”. O grupo com PD apresentou como palavra mais fixada “despesas” e “cada”, fixando também os números matemáticos, entretanto com menor intensidade. Isso mostra que o enfoque dado pelo grupo MD foi diferente do enfoque do grupo PD.

Figura 15 - Parte 2 da Questão 3 do EM: melhor e pior desempenho no ENEM

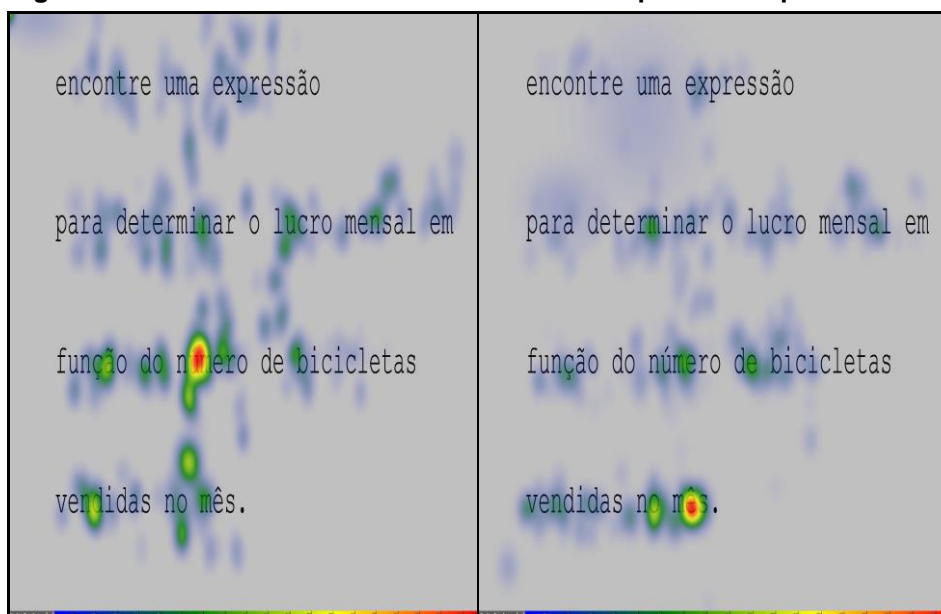


Fonte: Autoria própria (2019)

A parte 3 da Questão 3 (Figura 16) mostra menos fixações que a parte 1 e 2. É possível inferir que isso ocorre porque possui menor quantidade de números matemáticos. O grupo MD continua apresentando mais fixações no mapa de calor, sendo “número” a palavra mais fixada. Já no grupo com PD, a palavra mais fixada foi a última: “mês”.

Nesta etapa, na qual as questões aplicadas dizem respeito ao EM, verificou-se que nas três questões houve maior número de áreas de interesse visualizadas pelo grupo de alunos com MD. Infere-se que isso pode ter ocorrido pelo tipo de questão que tinha como objetivo trabalhar funções, questões que os alunos já estavam acostumados a resolver. Esse fator não se manteve nas questões de CDI I e CDI II, pelo grau de complexidade ter modificado, assim como as questões se tornaram específicas das disciplinas.

Figura 16 - Parte 3 da Questão 3 do EM: melhor e pior desempenho no ENEM

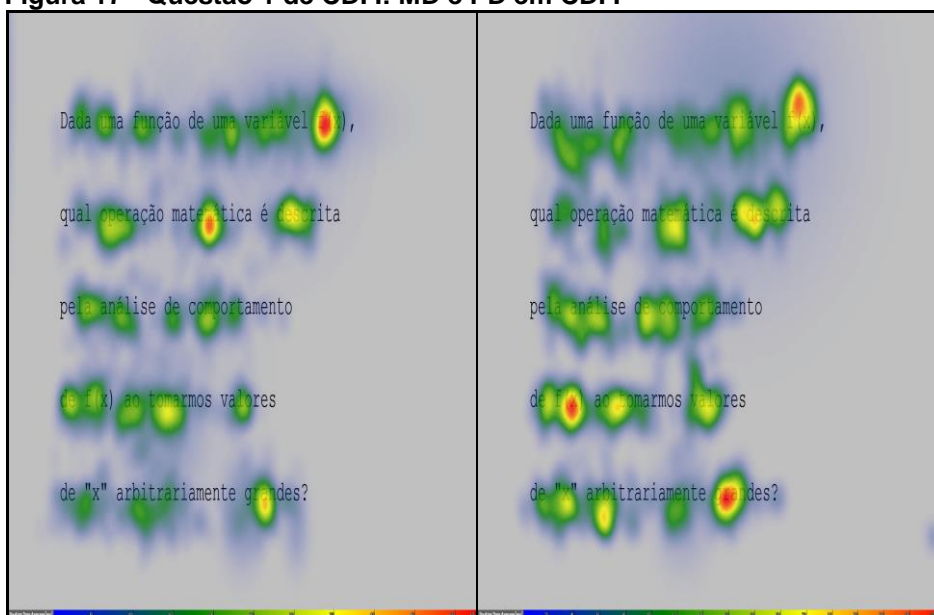


Fonte: Autoria própria (2019)

Em CDI I, ocorre uma inversão em relação ao número de áreas de interesse nos mapas de calor, conforme pode se observar qualitativamente nos mapas de calor que constam nas Figuras 17, 18 e 19. Esses dados coincidem com os dados da Tabela 12, que trazem para a primeira questão 219 fixações para o grupo MD e 273 para PD.

Percebe-se, na Figura 17 que, no grupo MD, as palavras mais fixadas foram “f(x)”, “matemática” e “grandes”. No grupo PD as palavras mais fixadas foram “f(x)”, novamente “f(x)” e “grandes”. Nesta questão, duas das três áreas de interesse mais fixadas foram iguais nos dois grupos.

Figura 17 - Questão 1 de CDI I: MD e PD em CDI I



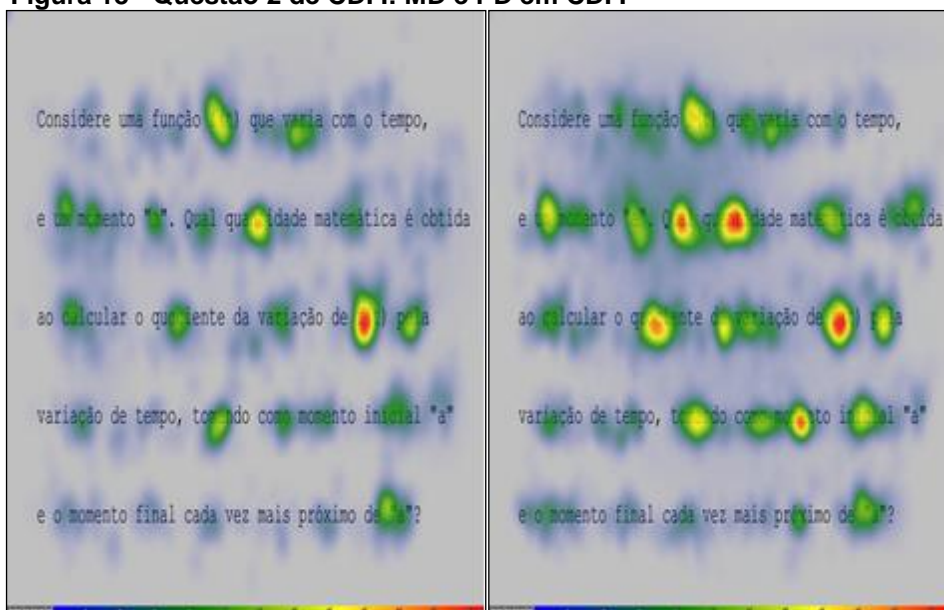
Fonte: Autoria própria (2019)

A Figura 18 apresenta visualmente grandes diferenças entre os dois grupos. Há mais pontos vermelhos e amarelos no grupo com PD, indicando que realizaram mais leitura do que o grupo MD neste nível.

Sugere-se que isso ocorra neste nível pela maior dificuldade apresentada pelos alunos na disciplina de CDI I, além do fator emocional envolvido por se tratar de uma disciplina em que todos os alunos participantes deste teste no grupo com PD reprovaram na disciplina de CDI I, enquanto todos os que participaram do grupo com MD foram aprovados.

Os pontos fixados pelos dois grupos são semelhantes, apenas o grupo PD apresenta mais pontos vermelhos do que o grupo MD. Percebe-se na tela como pontos mais fixados pelo grupo PD: “f(t)”, “qual”, “quantidade”, “quociente”, “f(t)”, “momento”. O grupo MD apresentou, como pontos vermelhos: “quantidade”, “f(t)”, mas os outros pontos vermelhos do grupo PD aparecem como pontos amarelos ou verdes no grupo MD, mostrando que as áreas de interesse foram visualizadas pelos dois grupos.

Figura 18 - Questão 2 de CDI I: MD e PD em CDI I

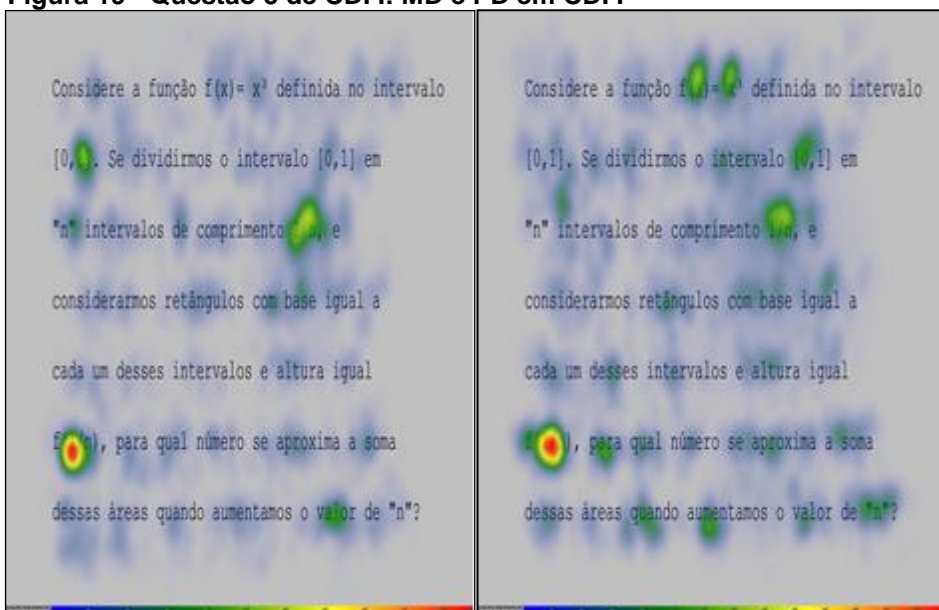


Fonte: Autoria própria (2019)

É possível verificar na Figura 19 que esta questão não apresenta grandes diferenças em relação às áreas de interesse mais fixadas, sendo que o vermelho aparece em ambos os grupos no termo " $f(t)$ ". Entretanto, em relação ao número de fixações, a Tabela 12 mostra que o grupo PD realizou mais fixações que MD: 428 e 280, reafirmando o fato de que nas questões de CDI I houve um comportamento diferente ao se comparar com EM.

Susac *et al.* (2014) relataram uma pesquisa em que os participantes especialistas em física, que responderam corretamente a problemas introdutórios de física, gastaram uma porcentagem maior de tempo observando as áreas relevantes do texto, o que indica que direcionavam sua atenção para as áreas relevantes ao problema, ou seja, "sabiam onde procurar", diferente dos participantes não especialistas, que não fixavam as áreas de interesse diretamente, e sim apresentavam maior número de fixações por precisar ler mais vezes. Em CDI I, mesmo sendo alunos do mesmo nível, percebe-se que há diferença entre os alunos com MD e PD.

Figura 19 - Questão 3 de CDI I: MD e PD em CDI I



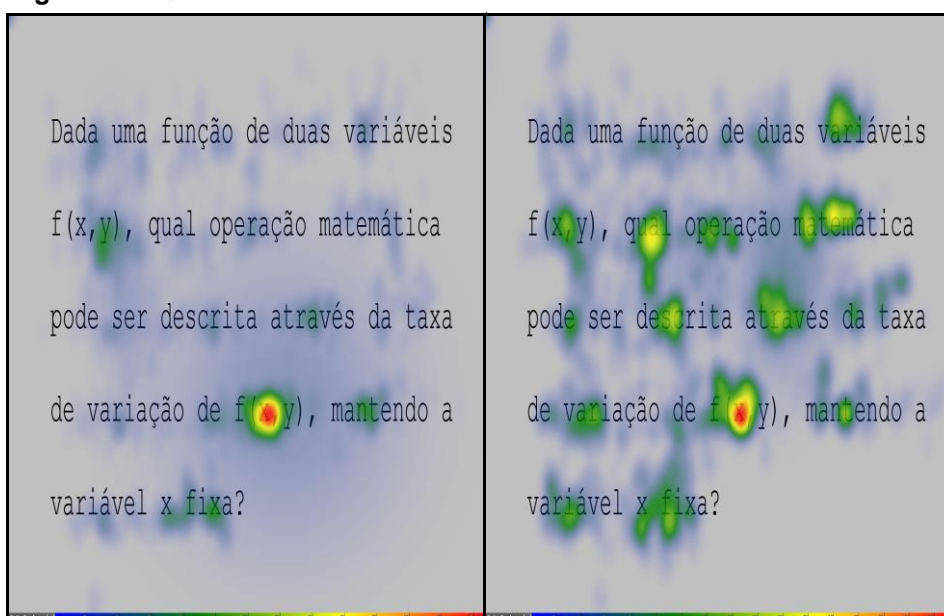
Fonte: Autoria própria (2019)

Nas questões de CDI II, observa-se que segue o mesmo padrão apresentado nas áreas de interesse de CDI I (PD apresentou mais áreas de interesse e número de fixações que MD nas três questões), diferentemente do que houve nas áreas de interesse das questões de EM (MD apresentou mais áreas de interesse e número de fixações que PD nas três questões). Provavelmente isso ocorreu pelo grau de dificuldade das questões de CDI I e CDI II.

Em relação ao número de áreas de interesse fixadas, qualitativamente se observa, na Figura 20, que o grupo MD obteve como área de interesse mais visualizada “ $f(x, y)$ ”, enquanto que o grupo MD obteve o mesmo ponto como área vermelha, mas também apresentou na sequência maior quantidade de pontos amarelos e verdes. Em relação ao número de fixações, quantitativamente esta questão obteve média de 153 fixações (MD) e 186 (PD).

Correia (2013) considera que o maior tempo de leitura e maior número de fixações pode se ocasionar em problemas com contextos excessivamente longos, afetando o desempenho dos pesquisados, pois uma demanda maior de informação “exige recursos cognitivos adicionais e custos mais avultados de processamento” (CORREIA, 2013, p. 235). Isso pode justificar maior número de fixações nas questões de CDI I, pois além da dificuldade com a disciplina, algumas questões ficaram longas na mesma tela de leitura.

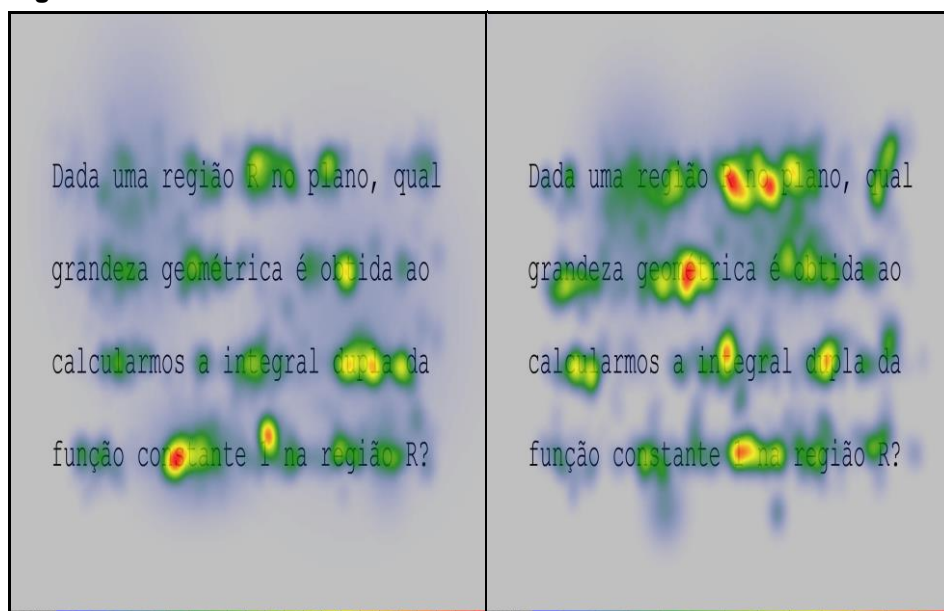
Figura 20 - Questão 1 de CDI II: MD e PD em CDI II



Fonte: Autoria própria (2019)

Observa-se, na Figura 21, que os alunos com PD obtiveram maior média de fixações, porque há mais pontos vermelhos, amarelos e verdes no lado direito. Há diferenças qualitativas entre os grupos, conforme afirmado na pesquisa realizada por Rožek *et al.* (2014).

Figura 21 - Questão 2 de CDI II: MD e PD em CDI II



Fonte: Autoria própria (2019)

As Figuras 22 e 23 estão relacionadas à questão 3. Observa-se que os pontos vermelhos do grupo PD aparecem também no grupo MD como pontos vermelhos, amarelos ou verdes, indicando que PD fixaram estas áreas de interesse

por mais tempo que MD. Entretanto, de acordo com a pesquisa realizada por Rožek *et al.* (2014) é possível aferir que a leitura dos dois grupos foi muito semelhante, inclusive ao se verificar quantitativamente o número de fixações na Tabela 12 que traz valores praticamente iguais para os dois grupos.

Figura 22 - Parte 1, Questão 3 de CDI II: MD e PD em CDI II

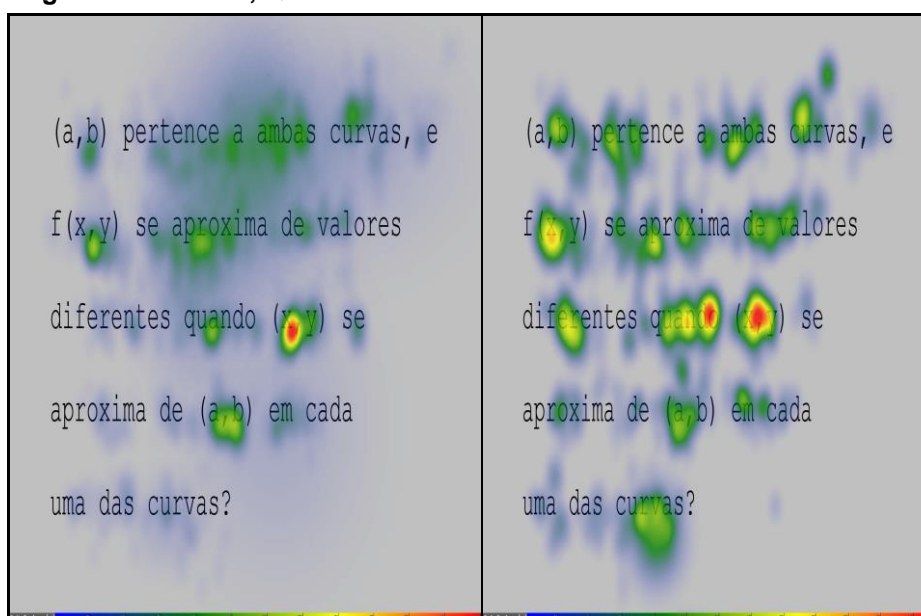


Fonte: Autoria própria (2019)

Também se observa que o grupo PD fixou mais em valores e símbolos matemáticos, o que é considerado comum por Cury (2004) ao se resolver problemas matemáticos.

Na Figura 23, continuação da Questão 3, é possível constatar que ambos os grupos concluíram a leitura da tela, mesmo que o grupo PD apresente mais áreas de interesse fixadas é possível afirmar que os dois grupos realizaram a leitura.

Figura 23 - Parte 2, Questão 3 de CDI II: MD e PD em CDI II



Fonte: Autoria própria (2019)

A apresentação dos mapas de calor entre as Figuras 10 a 23 mostra que a resolução de problemas é uma tarefa complexa. De acordo com Correia (2013, p. 2), além de mobilizar vários conhecimentos, envolve uma série de etapas sustentadas por dois processos fundamentais: “a abordagem cognitiva da solução de problemas centrada no processamento da informação (...) e os procedimentos e as estratégias desencadeados para alcançar a solução”. Entretanto, além de compreender e saber resolver, Cury (2004, p. 43) defende que é preciso desenvolver nos alunos capacidades de “leitura em Matemática e de expressão do próprio raciocínio que os levam à compreensão e utilização de resultados matemáticos”.

Ao se analisar as figuras organizadas para apresentar os mapas de calor, visa-se responder a hipótese de que **há distinção entre os dois grupos de alunos quando se observa o comportamento ocular quanto aos mapas de calor**. A referida hipótese é confirmada parcialmente, considerando que em algumas questões (Questões 1, 2 e 3 de EM; Questão 1 de CDI I; Questões 1 e 2 de CDI II) há diferenças mais visíveis entre os grupos enquanto outras as telas ficam semelhantes (Questões 2 e 3 de CDI I; Questão 3 de CDI II). Pode-se inferir que o fato de solicitar que o aluno explicasse a questão verbalmente após a leitura no rastreador ocular fez com que todos lessem com atenção, pois a exigência foi a mesma aos dois grupos em todas as questões de EM, CDI I e CDI II.

Barreto (2012) contribui afirmando que um maior número de fixações nas áreas de interesse representa maior importância para o participante da pesquisa, ou seja, as palavras mais importantes serão fixadas com maior intensidade, como constam nas figuras especialmente com termos matemáticos.

Terry (1992) salienta que o rastreador ocular oportuniza dados como os mapas de calor que podem ser interpretados de modo a mostrar que palavras ou números eram os objetos de atenção do leitor em qualquer ponto de fixação, ao mesmo tempo em que propicia registro da duração das fixações.

4.4 SÍNTESE DOS RESULTADOS E DAS ANÁLISES

Interessante observar que os dados sobre o tempo de leitura, sacadas e fixações seguem um padrão próprio, mostrando diferenças significativas no teste de CDI I realizado, corroborando com os dados da Tabela 1 que mostram maior índice de reprovação nesta disciplina. Ao finalizar a análise de cada item separadamente, foi possível perceber que não há um comportamento ocular que caracteriza o grupo de alunos de acordo com o desempenho de raciocínio, pois os testes variam bastante de acordo com cada item observado. Entretanto, surge um padrão ao se observar a Tabela 13:

Tabela 13 - Comparação entre os grupos nos três níveis (média)

	Ensino Médio		CDI I		CDI II	
	MD	PD	MD	PD	MD	PD
Tempo de leitura	19,19s(+)	16,70s(-)	42,92s(-)	55,54s(+)	23,13s(+)	16,97s(-)
Nº sacadas	177,19(+)	164,31(-)	385,26(-)	461,18(+)	184,26(+)	166,98(-)
Sacadas regressivas	35,63%(-)	36,57%(+)	37,41%(-)	39,74%(+)	32,32%(-)	35,48%(+)
Nº fixações	133(+)	117(-)	301(-)	393(+)	154(=)	154(=)
Revisitas às áreas de interesse	2(+)	1,5(-)	3(-)	4(+)	2,6(+)	2,2(-)
Duração fixações áreas de interesse	1128ms(+)	785ms(-)	1619ms(-)	2348ms(+)	1346ms(+)	1098ms(-)

Fonte: Autoria própria (2019)

Foram utilizados sinais (+), (-) e (=) para representação gráfica da quantidade de cada grupo em relação ao tempo de leitura, sacadas, fixações, revisitas e duração das fixações. É possível verificar que há um padrão muito parecido entre EM e CDI II, pois, com exceção das fixações que em CDI II, o grupo MD e PD realizaram a mesma média, nos outros dados sempre MD possui maior valor que PD.

O que surpreende é que em CDI I (disciplina que o índice de reprovação é maior), este padrão se inverte e quem tem maior média em todos os itens são os alunos com PD, mostrando que neste nível leram mais que os alunos com MD. Pode-se supor que isso ocorreu, porque não conseguiram compreender a questão e realizaram mais leituras; entretanto é um fator para se continuar a pesquisar para se ter mais dados neste nível de aprendizagem.

5 PRODUTO EDUCACIONAL - LEITURA DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS: POSSIBILIDADES E ANÁLISES POR MEIO DO RASTREADOR OCULAR E SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS

O Regulamento do Curso do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia (PPGECT) da UTFPR prevê ao aluno do doutorado a elaboração, vinculada à sua tese, de um produto educacional (Artigo 30). Compreende-se que o termo produto tem o intuito de resultar em mais uma contribuição da pesquisa, sendo possível descrever neste item processo de estudo, execução, avaliação ou análises para possíveis sugestões de novos trabalhos de pesquisa.

Nesse sentido, a partir da pesquisa efetivada com alunos dos cursos de Engenharia realizaram-se diversas análises dos dados coletados, a fim de responder à pergunta da tese e aos seus objetivos. Na sequência do texto, serão retomadas algumas questões importantes e também, expostas as análises realizadas.

O objetivo geral da pesquisa realizada é Avaliar em que o comportamento ocular dos alunos de Engenharia com melhor e pior desempenho se aproxima ou se diferencia durante a resolução de problemas matemáticos considerando as notas no ENEM e nas disciplinas de CDI I e CDI II.

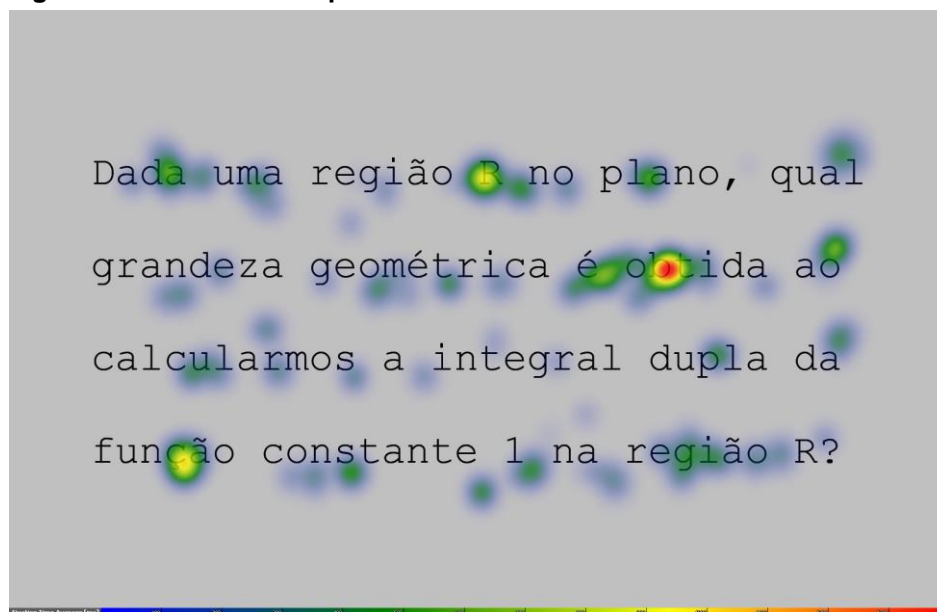
5.1 POSSIBILIDADES DE ANÁLISES A PARTIR DO RASTREADOR

Normalmente os dispositivos de *eye tracking* acompanham um *software* para processar e analisar as informações coletadas durante os testes. A partir dos dados coletados durante a aplicação de testes aos participantes, é possível gerar mapas de estímulos, além de extrair dados numéricos.

Entre os mapas de estímulos conhecidos, Barreto (2012) cita o mapa de calor (*heat map*), mapa de opacidade (*opacity gaze map*) e traçado de olhares (*gaze plot*). Abaixo será incluído um modelo de cada mapa citado.

A Figura 24 mostra o mapa do calor da leitura de um dos participantes da pesquisa.

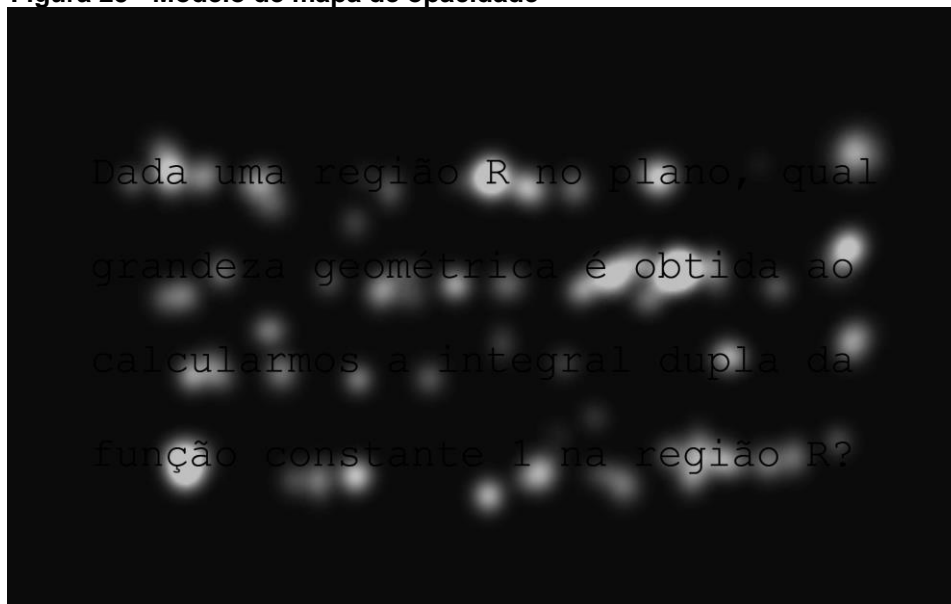
Figura 24 - Modelo de mapa de calor



Fonte: Autoria própria (2019)

A Figura 25 mostra um modelo de mapa de opacidade, também denominado mapa de calor invertido (*opacity gaze map*). As Figuras 24 e 25 apresentam uma análise por meio de imagens estáticas geradas pela sobreposição dos mapas individuais de cada participante da pesquisa. Os dois exemplos usam a cor e sua intensidade para mostrar o número de fixações realizadas e o tempo de duração em cada área da interface.

Figura 25 - Modelo de mapa de opacidade

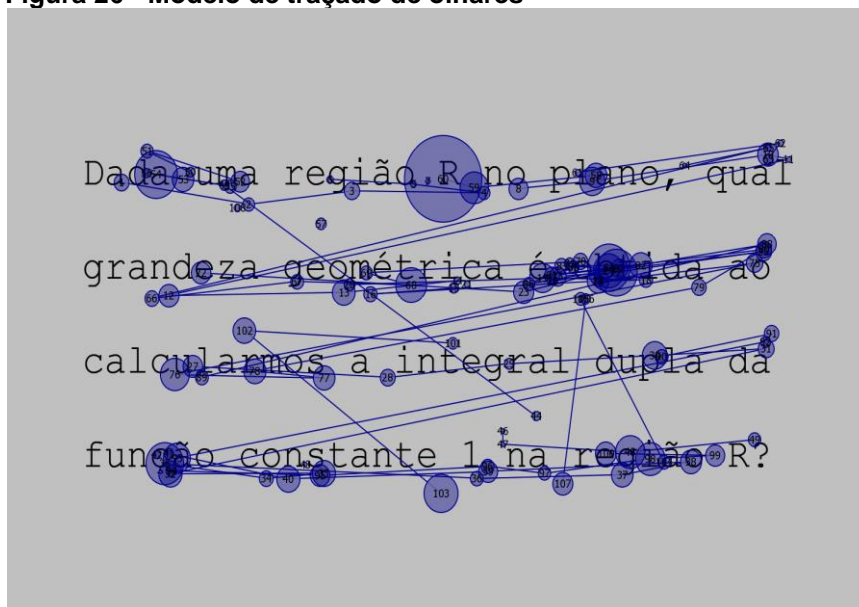


Fonte: Autoria própria (2019)

A Figura 26 traz como modelo o traçado de olhares (*gaze plot* ou *scanpaths*)

de dois alunos participantes da pesquisa. No traçado de olhares as **sacadas** são vistas como linhas contínuas, enquanto as **fixações** representadas por círculos de diferentes diâmetros. Quanto maior o diâmetro, mais longa a fixação em uma determinada área.

Figura 26 - Modelo de traçado de olhares



Fonte: Autoria própria (2019)

O mapa de traçado de olhares registra a sequência das fixações e das sacadas de cada participante. Os dados coletados a partir do traçado de olhares permitem ao pesquisador perceber com maior precisão a atividade visual realizada pelo participante da pesquisa e são tentativas de indicar como um texto é processado.

A fim de exemplificar, será interpretada a Figura 26. As “bolinhas” nas palavras têm tamanhos diferentes, o que indica a duração de tempo sobre essa determinada área. Por exemplo, o “R” recebeu uma fixação bem mais longa que as demais palavras. Os centros dos círculos representam posições das fixações e as linhas representam sacadas. Os números nos círculos marcam a ordem numérica das fixações, ou seja, a primeira fixação foi na palavra “Dada” e teve, no total, 109 fixações. É possível gravar um vídeo do traçado do olhar de cada participante, com fixações e sacadas realizadas.

5.2 ANÁLISES REALIZADAS

A resolução de problemas dentro de disciplinas voltadas ao cálculo ocupa um lugar de excelência no processo educativo, e, de acordo com Barros e Sousa (2015, p. 124), “no estatuto de competência básica e transversal, é assumidamente elemento de organização pedagógica nos conteúdos, processos e resultados do ensino e da aprendizagem, do estudo e adaptação social”.

O ensino superior busca promover e atualizar competências efetivas em sua formação, “em termos do uso de estratégias cognitivas, habilidades interpessoais, atitudes e valores que permitam a solução de problemas em contextos sociais específicos de intervenção” (BARROS; SOUSA, 2015, p. 124).

Para esta pesquisa, adotou-se como critério analisar os dados a partir da delimitação dos alunos com melhor desempenho (MD) e pior desempenho (PD). Para tanto, foi estabelecido o corte do primeiro grupo pela nota do ENEM: para compor o grupo MD foram considerados os 10 alunos com as melhores notas no ENEM e o grupo PD, 10 alunos com as notas mais baixas no ENEM. Na segunda etapa da pesquisa os alunos já haviam cursado CDI I, então se considerou como corte para os grupos a nota na disciplina, assim como na terceira etapa, na qual os alunos haviam cursado CDI II.

Após a coleta de dados desta pesquisa, iniciou-se o processo de tentativa de análises para verificar os resultados, o que resultou na escolha do critério MD/PD. Uma das primeiras análises ocorreu considerando o número de acertos e erros das questões. Estatisticamente e quantitativamente, não foi possível estabelecer critérios quanto ao número de acertos e erros, pois conforme mostra a Tabela 3¹⁵, verifica-se que há questões que o grupo com MD acerta mais e outras que o grupo com PD acerta mais.

¹⁵ A Tabela 3 foi reinserida no produto (já consta no texto). Caso no futuro haja publicação individual, será renumerada conforme necessidade.

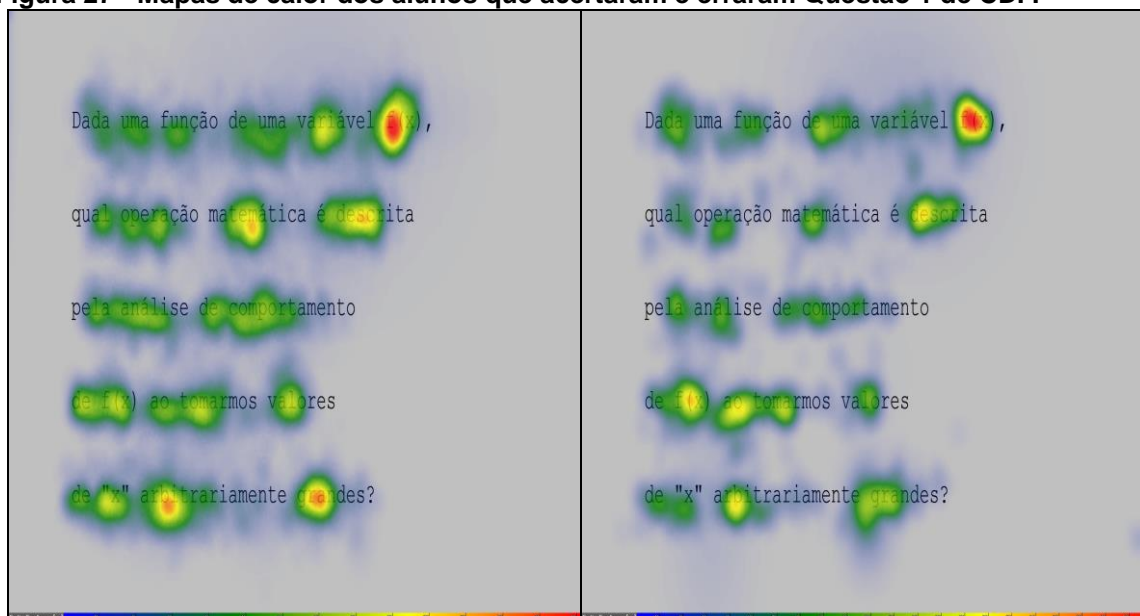
Tabela 14 - Acerto e tempo de resolução de cada questão

Questão	ENSINO MÉDIO						CDI I						CDI II					
	Melhor desempenho ENEM			Pior desempenho ENEM			Melhor desempenho CDI I			Pior desempenho CDI I			Melhor desempenho CDI II			Pior desempenho CDI II		
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a
% de acerto	80	50	50	60	70	30	80	50	50	80	40	50	70	40	40	80	40	20
Média de resolução (segundos)	106	180	192	143	200	183	52	94	110	72	101	103	40	46	67	52	44	70

Fonte: Autoria própria (2019)

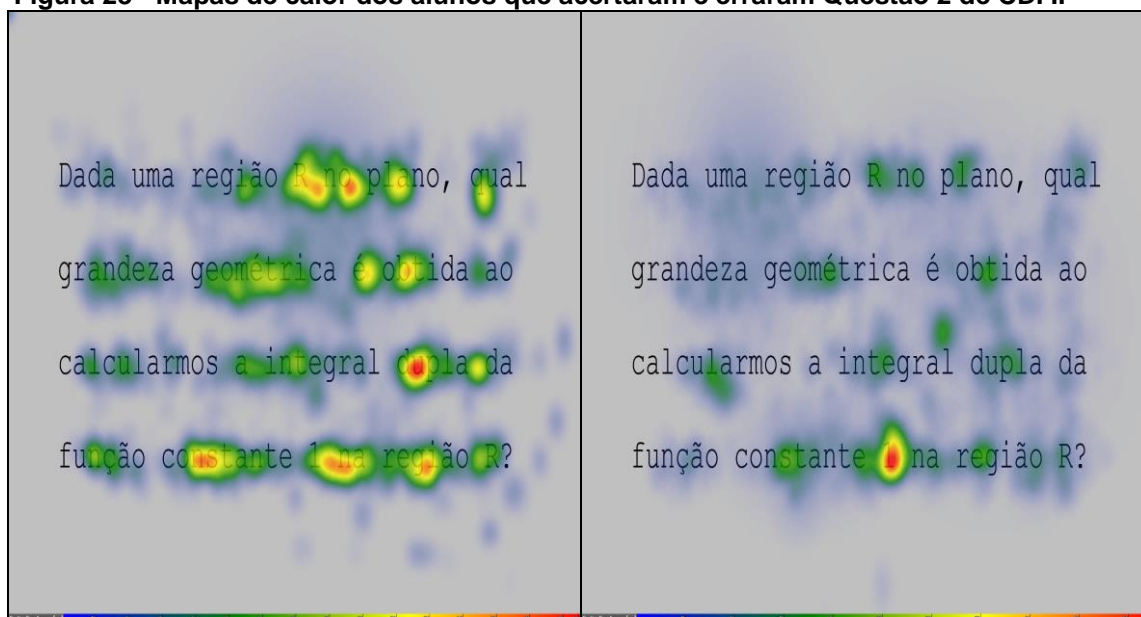
Entretanto, é uma possibilidade para futuras análises qualitativas a ser desenvolvidas em outras pesquisas, pois os mapas de calor apresentam diferenças que podem ser discutidas futuramente, conforme consta nas Figuras 27 e 28.

A Figura 27 diz respeito à Questão 1 de CDI I e a Figura 28 à Questão 2 de CDI II. À esquerda encontra-se o mapa de calor dos alunos que acertaram a questão e à direita o mapa de calor dos alunos que erraram a questão, considerando-se aqui todos os alunos participantes da pesquisa e não apenas os 10 alunos com MD e PD.

Figura 27 - Mapas de calor dos alunos que acertaram e erraram Questão 1 de CDI I

Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 28 - Mapas de calor dos alunos que acertaram e erraram Questão 2 de CDI II

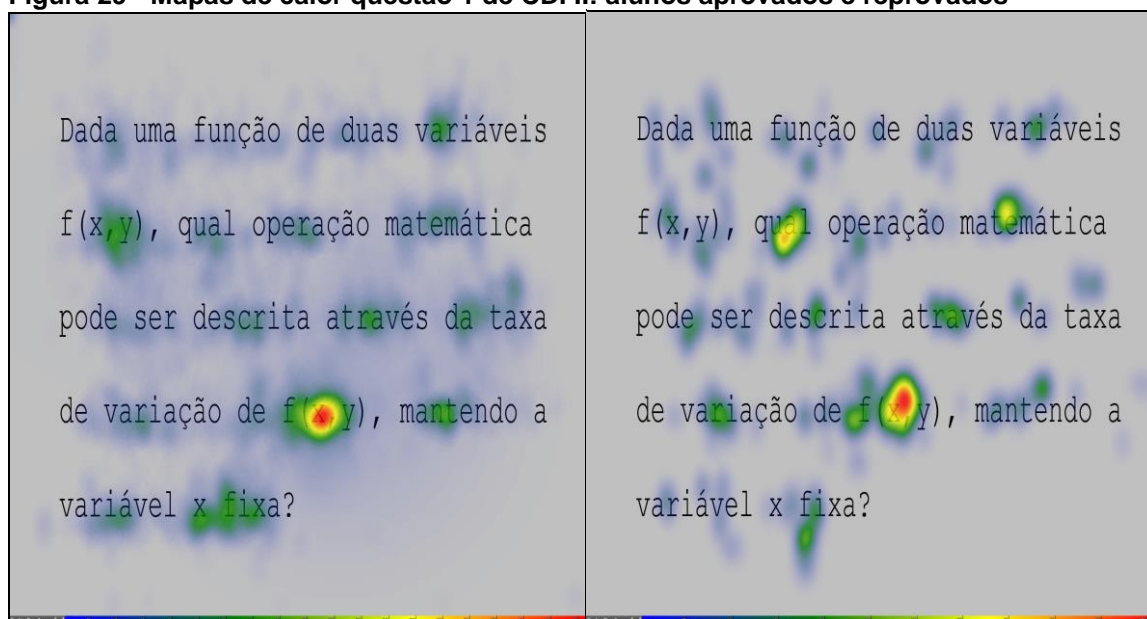


Fonte: Autoria própria (2019)

Na Figura 27 se observa que há menos áreas visualizadas do que a Figura 28. Optou-se por essas duas questões para mostrar especialmente as diferenças na visualização, entretanto a maioria das questões, ao ser analisada, de acordo com os acertos e erros, não apresentam muitas diferenças, por isso não se utilizou desta análise para a discussão dos dados no presente estudo. Entretanto, é uma análise interessante a se fazer considerando todas as questões a fim de apresentar e discutir as diferenças que surgiram.

Outra tentativa de análise realizada foi no intuito de verificar os mapas de calor dos alunos que aprovaram e reprovaram em CDI I e CDI II, entretanto também não foi possível verificar um padrão de desenvolvimento ocular entre as questões. A Figura 29 apresenta a Questão 1 de CDI II. À esquerda se encontra o mapa de calor dos alunos aprovados em CDI II e à direita dos alunos reprovados.

Figura 29 - Mapas de calor questão 1 de CDI II: alunos aprovados e reprovados



Fonte: Autoria própria (2019)

Há diferenças qualitativas observáveis entre os mapas de calor dos dois grupos, que poderão ser discutidas em outros momentos, entretanto as diferenças observadas na Figura 29 são pequenas, assim como ocorreu também em outras questões com a mesma análise realizada.

Como a pesquisa intitulada “Análise de movimentos oculares em questões de Cálculo: Um estudo desenvolvido com alunos de Cursos de Engenharia” estava prevista para ser aplicada durante três semestres, na aplicação da terceira etapa houve alunos que não puderam participar em CDI II porque tinham reprovado em CDI I e não estavam cursando CDI II. Com esses alunos reprovados, a pesquisadora repetiu o teste de CDI I para verificar se haveria alteração nos resultados, visto que os alunos haviam cursado novamente CDI I.

Nove alunos refizeram as questões de CDI I. Aparentemente os alunos não comentaram que eram as mesmas questões que haviam feito no semestre anterior, dando a impressão de que nem perceberam a igualdade. Dos nove alunos que haviam reprovado em CDI I e refizeram a disciplina, seis foram aprovados e três reprovaram novamente na disciplina.

Foi solicitado aos alunos que lessem as questões em frente ao monitor (momento em que o rastreador registra os movimentos oculares) e explicassem o que entenderam verbalmente. Na sequência, resolveram as questões no papel, cujo tempo foi cronometrado, pois não há possibilidade de registrar o movimento ocular

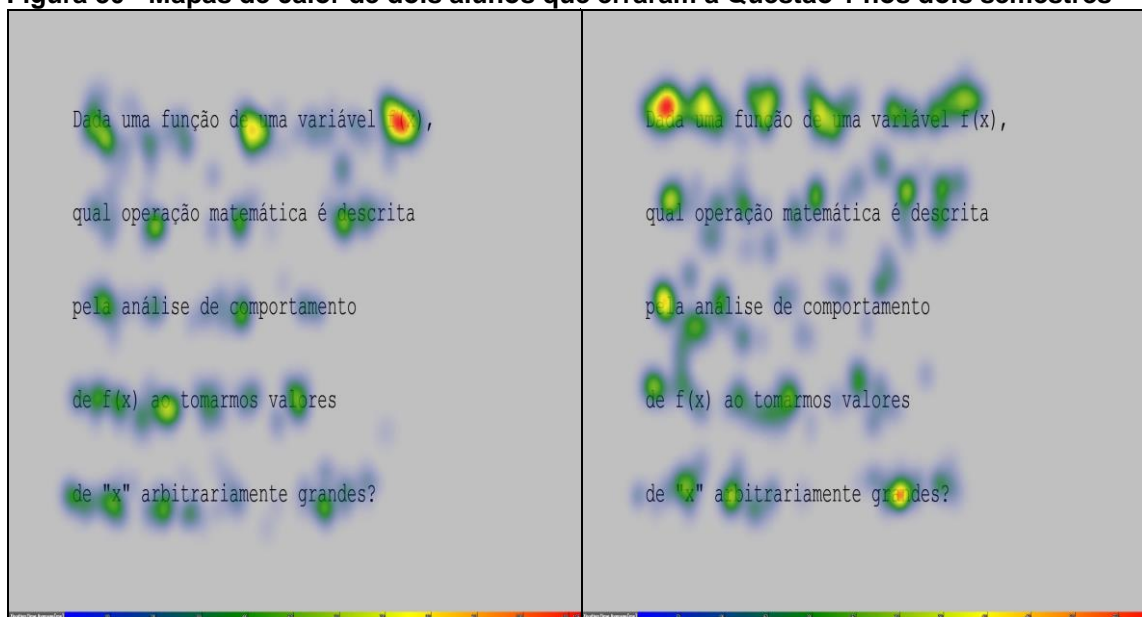
durante a resolução dos problemas por escrito. O acerto e erro correspondem às questões resolvidas no papel e corrigidas.

Os resultados trouxeram surpresas, porque em relação ao número de acertos houve diferenças muito pequenas entre um semestre e outro. Sete alunos mantiveram os mesmos acertos e dois alunos não tinha acertado nenhuma questão na primeira vez e na segunda acertaram uma.

A possibilidade de uma nova pesquisa que aplique as mesmas questões durante vários semestres pode dar origem a uma análise interessante, sendo daí possível acompanhar a evolução do aluno em uma mesma situação problema.

A Figura 30 apresenta a Questão 1 de CDI I de dois alunos que erraram a mesma questão nos dois semestres. Lado esquerdo apresenta o primeiro teste e lado direito o segundo, um semestre depois.

Figura 30 - Mapas de calor de dois alunos que erraram a Questão 1 nos dois semestres



Fonte: Autoria própria (2019)

A Figura 30 mostra que no segundo semestre os alunos leram mais vezes do que no primeiro. As áreas visualizadas diferem nos dois semestres.

A Figura 31 apresenta os acertos de dois alunos durante os dois semestres (2017 e 2018) da Questão 1. No caso dos alunos que acertaram a questão, é possível observar que a maior quantidade de fixações ocorreu na primeira vez que fizeram o teste, diferente do observado na Figura 30 de quem errou a questão nos dois semestres, que ocorreu o contrário.

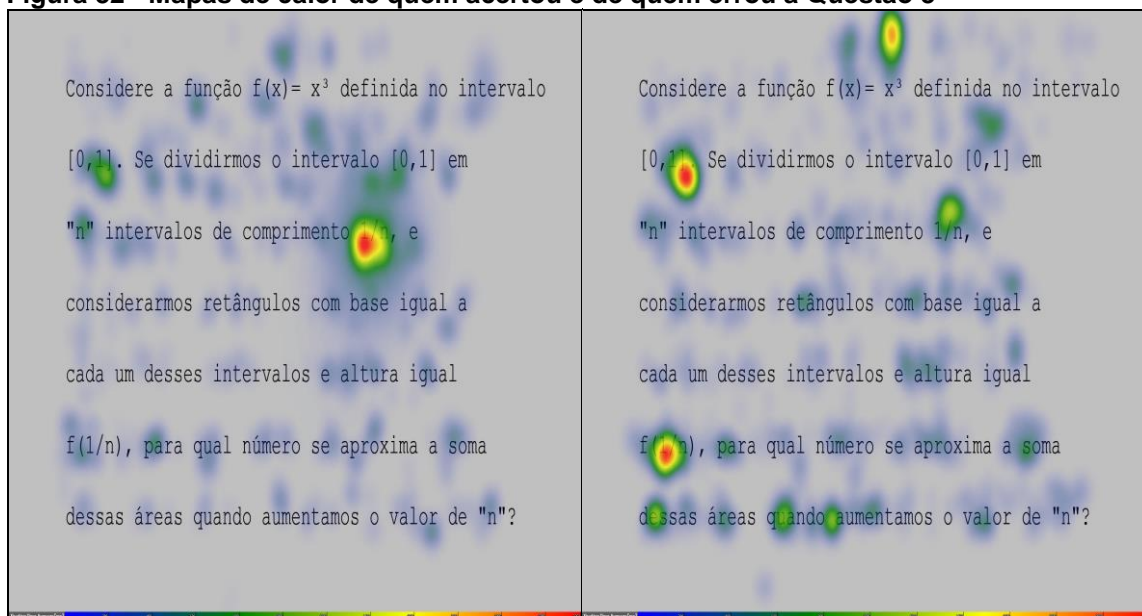
Figura 31 - Mapas de calor de dois alunos que acertaram a Questão 1 nos dois semestres



Fonte: Autoria própria (2019)

Neste grupo também foi verificado se haveria diferenças qualitativas nos mapas de calor entre quem acertou a questão e quem errou, conforme se visualiza na Figura 32 respectivamente nesta ordem.

Figura 32 - Mapas de calor de quem acertou e de quem errou a Questão 3

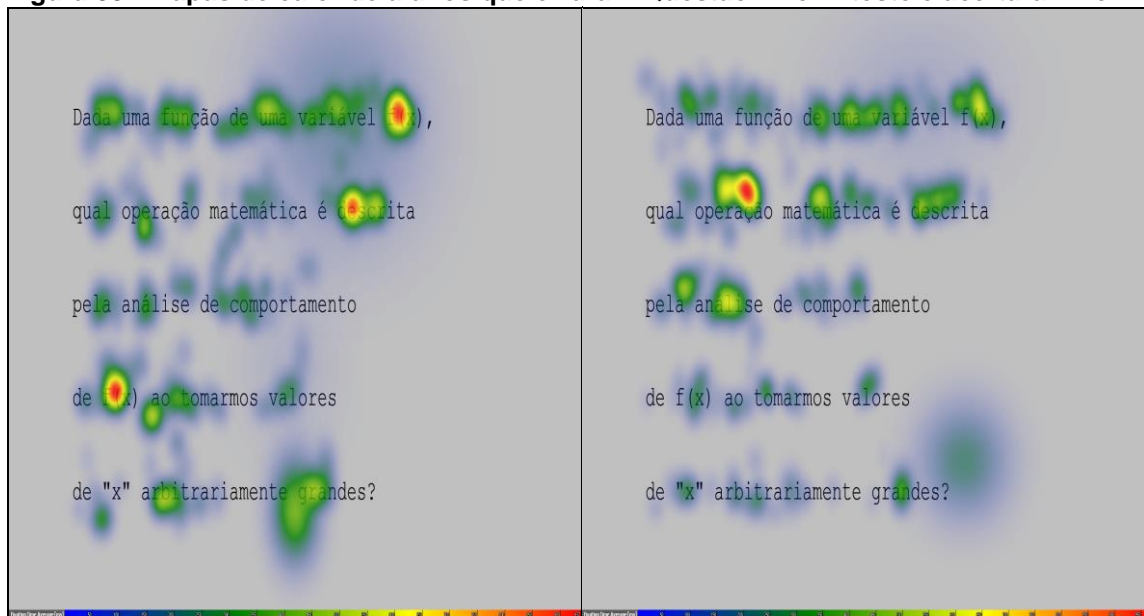


Fonte: Autoria própria (2019)

Também ocorreu o seguinte com dois alunos: erraram a questão número um no primeiro teste e acertaram no segundo teste. Como pesquisador, é esse o comportamento que se esperava de alunos que estivessem cursando a disciplina

pela segunda vez. O comportamento de acerto e erro também está evidenciado por meio dos mapas de calor, apresentado na Figura 33.

Figura 33 - Mapas de calor de alunos que erraram Questão 1 no 1º teste e acertaram no 2º



Fonte: Autoria própria (2019)

É possível observar que houve maior esforço cognitivo (BRANSFORD, BROWN, COCKING, 2007) na primeira vez que leram a questão e quando erraram.

A partir das figuras expostas anteriormente, é possível saber um pouco mais sobre as análises realizadas a partir da coleta dos dados e sugerir novas possibilidades de trabalhos futuros.

5.3 SUGESTÕES PARA POSSÍVEIS TRABALHOS

O uso do rastreamento ocular como método de pesquisa sobre didática da matemática traz novas possibilidades de compreensão no campo da cognição. Pode ser particularmente útil para entender os processos mentais de pessoas testadas durante a resolução de tarefas matemáticas que requerem a análise de uma imagem (ROŽEK *et al.*, 2014). Uma pesquisa envolvendo questões matemáticas, na qual a resposta seja apresentada com múltiplas escolhas é um caminho interessante para analisar quanto tempo o aluno precisa para resolver a questão e decidir pela resposta correta.

A análise dos movimentos oculares proporciona dados interessantes para análises qualitativas e quantitativas, que diferencia os métodos de avaliação convencionais (por exemplo, prova escrita) e pode ser útil para estimar a dificuldade do item de teste. Para Correia (2013), dados do rastreador ainda oferecem novos *insights* sobre as estratégias dos alunos usadas para resolver problemas científicos de múltipla escolha, mostrando que a atenção visual desempenha um papel importante na solução bem-sucedida de problemas. Portanto, quando o aluno erra, é possível verificar se analisou todas as respostas ou decidiu-se antes disso, além de outras possibilidades de análises.

Mayer, Heiser e Lonn (2001) afirmam que trabalhos com o rastreador ocular apresentam um potencial de ir além de questões sobre “o que” e “quando” funciona no enunciado de problemas, além de abordar a questão de como um determinado método instrucional pode gerar aprendizagem.

Conforme pesquisas de Resende et al. (2013), Cavasotto e Viali (2011), Alvarenga, Dorr e Vieira (2017) um fator que contribui para a reprovação em disciplinas vinculadas à matemática é a dificuldade dos alunos em relação aos conteúdos de matemática básica, estudados nos ensinos Fundamental e Médio.

No contexto universitário, ao se analisar o desempenho acadêmico do estudante, Primi, Santos e Vendramini (2002) questionaram qual a importância relativa de medidas mais associadas ao conhecimento, como por exemplo, as provas tradicionais, associadas ao raciocínio. Considerando a importância do raciocínio, assim como do conhecimento, os autores sugerem duas hipóteses: uma enfatiza o conhecimento e pressupõe que quanto maior conhecimento no EM, maior preparação para o Ensino Superior, e assim, maior será o desempenho do aluno. A outra enfatiza o raciocínio, considerando que os conteúdos aprendidos na universidade sejam novos, quanto maior a capacidade de raciocínio, maior preparação para aprender novas informações e assim, maior será seu desempenho.

Uma das sugestões para futuros trabalhos é realizar uma pesquisa para analisar as hipóteses sugeridas por Primi, Santos e Vendramini (2002). Além disso, uma análise sobre a forma como os alunos que cursam CDI I são avaliados e como essas avaliações representam as reprovações podem ser uma análise interessante a ser realizada futuramente.

Outra situação verificada que pode ser pesquisada são casos de alunos que tiraram notas altas na disciplina, mas que erraram as três questões conceituais

propostas pelo professor para avaliar CDI II. Houve uma aluna que foi aprovada com média 9,3 e outro com média 8,4 e erraram as três questões. Verificar os fatores que levam a ocorrer isso também daria uma pesquisa sobre o assunto.

O caso relatado acima é um indício que nem sempre uma boa nota e a aprovação indicam que o aluno processou a informação e aprendeu os conceitos básicos da disciplina, sendo necessária uma análise maior dos fatores que levaram esse fato a ocorrer.

Outra pesquisa poderia analisar, até mesmo a partir dos mesmos dados, as regressões interpalavras e refixações, para verificar se há alguma relação entre a quantidade de refixações e sacadas regressivas. Yokomizo *et al.* (2008) afirmam que o tamanho das sacadas regressivas não é aleatório. Normalmente as regressões se dirigem à própria palavra ou às palavras anteriores (regressões interpalavras: n-1, n-2, n-3). No caso das regressões interpalavras, a regressão é principalmente dirigida para a palavra localizada imediatamente antes da última palavra fixada, ou seja, regressão do tipo n-1. Quando as sacadas regressivas fixam palavras já fixadas anteriormente, ocorrem as refixações.

Forster (2017) afirma que, mesmo que seja possível deduzir, que o tempo de leitura pode variar com o conhecimento que já se tem das palavras, e que palavras pouco frequentes exigirão maior tempo de fixação e conseqüentemente, de leitura, é possível inferir que o tempo de fixação seja semelhante ao tempo de processamento das palavras. Realizar uma pesquisa inserindo a frequência das palavras na língua pode auxiliar na compreensão do tempo de processamento das palavras.

Relacionar os movimentos dos olhos proporcionados pelo rastreador ocular, com os acertos dos participantes ao avaliar diferentes estratégias utilizadas para resolver situações problemas também é uma pesquisa interessante a se desenvolver. Para tanto, é preciso registrar as estratégias de solução de forma que o pesquisador possa analisar esses dados também.

Avaliar também como os professores resolvem os problemas pode auxiliar na compreensão e melhoria dos métodos de ensino. Uma pesquisa envolvendo a resolução de problemas por alunos e por professores da disciplina podem mostrar dados interessantes e a de análises. Seria possível analisar a dinâmica da resolução de situações-problemas, dificuldade da questão, além de tentar avaliar a metacognição entre os alunos. Entretanto, outros instrumentos de coleta de dados

teriam de ser usados para análises, como ressonância, protocolos verbais, entre outros.

Há áreas para a resolução de um problema que se acredita serem interessantes e necessariamente precisam ser visualizadas para se resolver um problema com sucesso. Na pesquisa realizada e descrita nesta tese, isso não foi comprovado, pois, por mais que houvesse indicação pelo professor da disciplina das áreas de interesse essenciais para resolução dos problemas, observou-se que nem sempre os alunos que acertavam determinada questão visualizavam tal área.

Realizar pesquisas com grupos diferentes, na qual, para um grupo se destaque as áreas de interesse e para outro não, avaliando depois o desempenho dos dois grupos pode sugerir pesquisas se é possível direcionar o raciocínio e aumentar a capacidade de acertos ao chamar a atenção dos alunos para pontos-chaves na situação problema, realizando um monitoramento metacognitivo.

A pesquisa indica que os alunos com melhor e pior desempenho não se diferenciam significativamente na análise dos movimentos oculares. Com base nos resultados dessa pesquisa, uma próxima poderia realizar outros protocolos/questionários mais detalhados, como por exemplo, investigar quais fatores levam os alunos a acertar e errar, especialmente verificando os fatores qualitativos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Enquanto pedagoga, durante o processo de construção/elaboração desta tese, percebi que os alunos participantes da pesquisa se submeteram a uma avaliação diagnóstica, uma vez que, neste trabalho, o objetivo foi avaliar em que o comportamento ocular dos alunos de Engenharia com melhor e pior desempenho se aproxima ou se diferencia durante a resolução de problemas matemáticos considerando as notas no ENEM e nas disciplinas de CDI I e CDI II. A partir dos dados obtidos, por meio do uso do rastreador ocular, encontramos regularidades e disparidades, ou seja, encontramos comportamentos próximos entre os alunos com melhor e pior desempenho (número de fixações em CDI II, mapas de calor, revisitas às áreas de interesse, número de sacadas regressivas) e diferenças no comportamento ocular (média do tempo de leitura, número de sacadas, duração das fixações, número de fixações EM e CDI I, mapas de calor).

Enquanto pesquisadora neste processo de pesquisa, estudo e construção do texto, passei por uma avaliação formativa. Na medida em que os encontros de orientação foram acontecendo, emergia a necessidade de diferentes leituras. Olhares de outros pontos de vista se tornaram imprescindíveis após a qualificação. Concluída a etapa de elaboração da tese como processo resultante desta avaliação, permanecem latentes questões como: “Costumeiramente, qual encaminhamento pedagógico é mais adequado para a interpretação/visualização da situação exposta no enunciado de uma tarefa?”, “No processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos das disciplinas de CDI I e CDI II, os enunciados das tarefas são considerados ou a ênfase está apenas nos cálculos?”, “Enquanto pedagoga, como posso orientar professores e alunos para direcionarem o olhar não apenas para os cálculos nas disciplinas de CDI I e CDI II, mas também para os conceitos a partir do conhecimento sujeito aprendiz?”, “Quais tarefas oportunizam a aprendizagem de conceitos e procedimentos de cálculo?”.

A pesquisa realizada pode auxiliar na reflexão do desenvolvimento metacognitivo (POZO, 2002; PORTILHO, 2003; BURÓN, 1997) dos nossos alunos. Por meio das questões matemáticas trabalhadas, é possível afirmar que os alunos apresentaram dificuldade para acertar e interpretar questões de conceitos básicos de CDI I e CDI II. Mesmo os alunos com notas altas e aprovados nas disciplinas

erraram as questões. Portanto, podemos inferir que os alunos erraram por se tratar de questões diferentes das que estão habituados a resolver no cotidiano das aulas e nas provas.

Como pedagoga neste contexto da UTFPR, acredito que teremos de avançar mais em estudos vinculados às disciplinas de CDI I e CDI II. No que diz respeito aos esforços dos professores, se percebe que há interesse em aplicar novas metodologias, buscar novos caminhos para o ensino-aprendizagem, diminuindo assim o índice de reprovação. Entretanto, sabe-se que não pode ser uma ação isolada, deve ser uma ação institucional, visando avanços metodológicos e estratégicos.

Na sequência, retomo problema, objetivos e hipóteses desta tese, delineando o trabalho realizado. Ao se perceber o alto índice de reprovação, especialmente em CDI I e CDI II, e a partir da pesquisa de referencial bibliográfico, surgiu a motivação para a referida pesquisa, buscando respostas à seguinte questão: **Em que se diferencia ou se aproxima o comportamento ocular de alunos de Engenharia com melhor e pior desempenho durante a resolução de problemas matemáticos, considerando as notas do ENEM e das disciplinas de CDI I e CDI II.**

A partir dessa problemática, foram elaborados objetivos que orientaram os passos da pesquisa e também a elaboração do produto da tese.

Em relação ao objetivo geral da pesquisa: **Avaliar em que o comportamento ocular dos alunos de Engenharia com melhor e pior desempenho se aproxima ou se diferencia durante a resolução de problemas matemáticos considerando as notas no ENEM e nas disciplinas de CDI I e CDI II**, pode-se inferir, como base nas coletas de dados realizadas e análises feitas, que há diferenças parciais no comportamento ocular dos alunos, pois em alguns casos os dados são muito semelhantes em ambos os grupos.

Em relação aos objetivos específicos da pesquisa: Verificar o tempo de leitura médio entre os dois grupos de alunos (MD e PD); Investigar os movimentos oculares que envolvem a quantidade de sacadas e as sacadas progressivas e regressivas; Comparar se os alunos com pior desempenho realizam mais sacadas regressivas que os alunos com melhor desempenho; Analisar os movimentos oculares quanto ao número de fixações, às áreas de interesse e aos mapas de calor; Averiguar o nível de confiança que diferencia os dois grupos (MD e PD) quanto ao

comportamento ocular; pode-se afirmar que os cinco foram atingidos a partir das análises propostas.

O sexto objetivo proposto diz respeito ao Produto da tese, que apresentou as análises e sugestões para futuras pesquisas. Pretende-se incentivar novas pesquisas a respeito da problemática, visto que há muitas possibilidades de análises existentes para se discutir amplamente o assunto.

De modo a concluir as análises, referenciando-se os resultados obtidos nos diversos tópicos em estudo, pondera-se que esta pesquisa atingiu os objetivos propostos preliminarmente, confirmando três hipóteses específicas, e parcialmente confirmando a hipótese geral e outras duas das cinco hipóteses específicas apontadas acerca do comportamento ocular dos alunos de Engenharia com melhor e pior desempenho durante a resolução de problemas matemáticos, considerando as notas do ENEM e das disciplinas de CDI I e CDI II.

Os indicadores que diferenciam o desempenho dos participantes das três etapas (EM, CDI I e CDI II) poderão ser considerados para fundamentar novas discussões sobre avaliação, considerando os resultados teóricos acerca dos resultados de aprovação e reprovação nas disciplinas de CDI I e CDI II, visto que ir bem em matemática é considerada tarefa cognitiva complexa e dificilmente superada pelos alunos universitários (CURY, 2004). É possível verificar que a diferença de conteúdos (EM, CDI I, CDI II) não se evidenciou determinante para o processo de resolução, pois houve acertos e erros nas três etapas de provas entre os dois grupos pesquisados (MD e PD).

No entanto, a diferenciação entre os grupos permitiu reconhecer que há diferenças no processamento de leitura e compreensão entre os alunos com melhores e piores notas nas disciplinas, o que pode envolver procedimentos matemáticos que requerem o conhecimento conceitual e processual, e que podem ocasionar taxas elevadas de insucesso, corroborando com os dados dos estudos nacionais (SAEB, Prova Brasil, ENEM) que qualificam os conhecimentos matemáticos dos alunos e sua competência com conceitos matemáticos. A diferença entre tempo de leitura, fixações, sacadas demonstram que o aluno com melhor desempenho lê com maior atenção do que os alunos com pior desempenho nas questões de EM e CDI II, entretanto, em CDI I, disciplina em que os alunos apresentam maiores dificuldades (comprovadas pelo índice de reprovação), visivelmente os alunos com pior desempenho precisam ler mais vezes para

compreender o problema, e mesmo assim, ocorrendo esforço cognitivo, não é suficiente para acertar a questão. Embora não seja possível confirmar esse indicador, é possível afirmar que a leitura e o processamento da informação ocorre de forma diferente nos dois grupos. O desempenho dos pesquisados parece ser afetado no processamento dos problemas que exigem informações pré-concebidas na memória, o que repercute nas diferenças obtidas no tempo de leitura, número de sacadas e fixações realizadas nos enunciados, diferenciando-se entre os grupos, como uma tarefa cognitiva mais complexa.

A análise dos dados confirma diferenças no desempenho entre os alunos com melhor e pior desempenho, confirmando parcialmente a hipótese geral de que **o comportamento ocular dos alunos de Engenharia com melhor desempenho se diferencia dos alunos com pior desempenho.**

No que diz respeito à confirmação ou não das hipóteses específicas, a hipótese 1 de que **a média do tempo de leitura entre os dois grupos se distingue** se confirma, sendo possível verificar que em CDI I, disciplina na qual os problemas matemáticos envolvem processamento cognitivo maior que em EM e que parece existir “medo” da disciplina, receio de ir mal, além do conhecimento específico, a média do tempo de leitura foi bem superior se comparado ao EM e CDI II. De acordo com Correia (2013, p. 350), os problemas que “envolvem operações cognitivas mais complexas, como selecionar, organizar, integrar e relacionar informação (...) de modo a desenvolver um modelo mental”, podem exigir dos alunos maior conhecimento de procedimentos matemáticos. Questões de nível médio exigem mais o conhecimento de conceitos matemáticos e mobilizam menor quantidade de recursos mentais, além de exigir menos da memória. Questões de CDI II requerem que o aluno já tenha sido aprovado em CDI I (ou quebrado o pré-requisito ao obter nota acima de 4,0) e que os conceitos principais já sejam dominados, portanto há diminuição do tempo de leitura comparado à CDI I. Além disso, como se observa, em CDI I o grupo com pior desempenho passa a apresentar maior tempo de leitura. Como os alunos deste grupo não foram aprovados na disciplina, parte-se do princípio que não dominam os conceitos principais e, portanto, precisam ler por mais tempo para compreender a questão, ou seja, necessitando de mais tempo para o processamento cognitivo.

Os resultados obtidos neste tópico de investigação condizem com os estudos realizados por Merkley e Ansari (2010), Inglis e Alcock (2012), Tsai *et al.* (2012), Mason *et al.* (2016).

Em relação à hipótese 2, de que **há diferença no comportamento ocular verificável através da análise das sacadas, mais especificamente das sacadas regressivas, entre os grupos com melhor e pior desempenho**, foi confirmada com os dados apresentados. Merkley e Ansari (2010), Forster (2017), Klein (2013) corroboram com estudos sobre o tema. Em relação ao número de sacadas, observa-se que ocorre o mesmo que no tempo de leitura. Há um maior número de sacadas nas questões de CDI I, enquanto que EM e CDI II foram obtidas médias próximas e parecidas, o que se pode inferir que seja devido aos mesmos motivos já descritos na hipótese 1. Em relação às sacadas regressivas, percebe-se que, nas três etapas, o grupo PD apresenta maior número. De acordo com Forster (2017), as sacadas regressivas, pela literatura são de 10% a 15% das sacadas, e na presente pesquisa ocorreu uma porcentagem maior, indicando dificuldades na leitura e, o que pode estar relacionado a uma maior carga de processamento. Como isso ocorre nas três etapas, a hipótese três de que **os alunos com pior desempenho realizam mais sacadas regressivas que os alunos com melhor desempenho** se confirma também.

A quarta hipótese de que **existe distinção entre os dois grupos de alunos quando se observa o comportamento ocular quanto ao número de fixações, áreas de interesse e mapas de calor** foi discutida em três subseções. Na primeira subseção a hipótese de que existe distinção entre os dois grupos de alunos, quando se observa o comportamento ocular quanto ao número de fixações, se confirma parcialmente, pois em CDI II o número médio de fixações foi igual. Nas questões de nível médio, o grupo MD fez mais fixações que PD. Entretanto em CDI I, PD apresentou mais fixações que MD.

Zarpelon (2016, p. 103) afirma em sua pesquisa que alunos com maior aptidão matemática tendem a ter um desempenho melhor na disciplina de Cálculo I, pois ao aplicar um teste diagnóstico a autora confirmou que a deficiência dos calouros em relação à matemática básica é uma variável interveniente.

De acordo com Susac *et al.* (2014), um número menor de fixações é característico para leitores proficientes quando comparado com iniciantes em uma nova disciplina, o que explicaria a diferença entre os grupos em CDI I. Entretanto,

isso não ocorre nos demais grupos, então não pode ser considerado um padrão. Os resultados obtidos neste tópico de investigação condizem com os estudos realizados por Merkley e Ansari (2010), Schneider *et al.* (2012), Tsai *et al.* (2012), Susac *et al.* (2014) sobre as fixações.

A segunda subseção discutiu a hipótese de que existe distinção entre os dois grupos de alunos quando se observa o comportamento ocular quanto às áreas de interesse, que se subdividiu em duas análises: quanto às revisitas e quanto à duração das fixações.

Quanto às revisitas das áreas de interesse, há diferenças entre os dois grupos, mesmo que o valor das médias das revisitas seja baixo.

Em relação à duração das fixações das áreas de interesse, a hipótese se confirma. Novamente nos níveis de EM e CDI II, os alunos com MD apresentam maior média de duração das fixações. Entretanto em CDI I, isso se inverte e MD apresenta menor tempo de duração.

Para Rayner (1998) e Carpenter (1988), a duração média das fixações está entre 200 e 300 ms, mas sua duração varia de acordo com as exigências do texto. No caso desta pesquisa, esta duração média é bem superior, o que pode ser justificado ao se considerar que se trata de leitura de problemas matemáticos, com maior complexidade. Portanto, este valor médio da duração das fixações pode variar dependendo do texto e de sua exigência cognitiva de processamento e compreensão. Vlaskamp e Hooge (2006) corroboram o assunto ao afirmar que, quando o estímulo visual é complexo, desordenado ou denso, os movimentos oculares podem apresentar aumento da duração. Pode ocorrer também dos participantes da pesquisa terem fixado mais tempo nas áreas relevantes para a tarefa, aumentando a duração de tempo nas áreas de interesse.

Em relação à terceira subseção relacionada às fixações, com a hipótese de que existe distinção entre os dois grupos de alunos quando se observa o comportamento ocular quanto aos mapas de calor, foi realizada uma análise qualitativa e se pode considerar que a hipótese se confirma parcialmente, pois em algumas telas (especialmente de nível EM) os mapas de calor ficaram bem semelhantes nos dois grupos. De acordo com Tsai *et al.* (2012), alguns alunos precisam de mais fixações para processar as informações de modo cognitivo, o que justifica o fato de em CDI I e II os mapas de calor terem mostrado que o grupo com PD realizou mais fixações do que o grupo com MD. Ainda de acordo com os autores,

alunos com MD tendem a mudar a atenção visual de fatores irrelevantes para relevantes, enquanto alunos com PD tendem a fixar por mais tempo tanto fatores relevantes quanto irrelevantes.

A quinta hipótese de que **há diferenças significativas estatísticas observáveis a um nível de confiança de 85% ou mais** se confirma parcialmente, pois nem todas as análises mostraram estatisticamente a existência destas diferenças significativas. Houve diferenças estatísticas a um nível de confiança de 85% nas seguintes análises: Média do tempo de leitura (questões CDI I); número de sacadas (questões CDI I); número de sacadas regressivas (questões CDI II); número de fixações (CDI I); duração das fixações das áreas de interesse (questões de EM e CDI I).

Concluindo a análise da pesquisa, defende-se a tese que não é possível diferenciar o comportamento ocular dos alunos de Engenharia com melhor desempenho dos alunos com pior desempenho. Entretanto é válido observar que os dados de CDI I demonstram diferenças em relação aos dados de EM e CDI II.

Isso suscita ainda mais a curiosidade da presente pesquisadora devido ao fato de ser justamente em CDI I que o índice de reprovação é mais alto, ou seja, disciplina na qual os alunos encontram as maiores dificuldades. Os dados coletados para esta tese mostraram que em questões de CDI I ocorre um processamento diferente de questões de EM e CDI II, mas pesquisas que coletassem os movimentos oculares com outros tipos de questões seriam necessárias, a fim de se verificar em que está a dificuldade na aprendizagem de conteúdos (conhecimentos). Não é por menos que esta disciplina é tão polêmica.

Tal como ocorre com outros métodos de investigação e coleta de dados, o rastreador ocular apresenta limitações, as quais devem ser consideradas desde o planejamento da primeira fase da pesquisa. É possível citar algumas como: o rastreador ocular permite captar os movimentos oculares no limiar de um grau da fóvea, então não é possível afirmar com precisão em que local o pesquisado olha no interior desse limite. Outras posições no interior desse limite são consideradas continuação da mesma fixação e não uma nova sacada. Desde a formatação inicial da tela até o final da aplicação está envolvido todo um cuidado técnico, especialmente quando a pesquisa não ocorre em apenas uma etapa. No caso dessa pesquisa, teve-se o cuidado de normalizar todos os dados, analisando-se a partir

dos mesmos critérios, o que é de extrema importância para a fidedignidade dos resultados.

O fato de não ser possível saber o que o participante está pensando no momento da leitura também é algo que a pesquisadora percebeu durante a aplicação do piloto, sendo possível adequar a tempo a pesquisa ao solicitar que os alunos relatassem, após a leitura, a compreensão do problema, para se certificar de que os alunos estavam lendo com atenção. Isso porque, com o uso do rastreador ocular, é possível conhecer o movimento real dos olhos, mas não é possível registrar seus pensamentos e impressões particulares. É devido às limitações técnicas desse tipo que continua não sendo possível, a partir do rastreador ocular, saber o que acontece realmente no cérebro do ser humano.

Dessa forma, é possível inferir que a verbalização por parte do participante e os dados fornecidos pelo rastreador ocular são complementares, cada um facilitando a interpretação da outro, garantindo análises múltiplas.

A disponibilidade de tempo do pesquisador também é algo que precisa ser considerado, pois a coleta é feita individualmente e, dependendo do tamanho da amostra, muito tempo é necessário, além da dificuldade encontrada para agendar com os alunos individualmente em horários compatíveis a todos. Adicionalmente, o trabalho de análise de dados também consome bastante tempo, de acordo com o grau de complexidade e o nível das análises realizadas.

Além disso, não é possível ter certeza do processamento cognitivo através dos dados fornecidos pelo rastreador ocular, pois a partir das sacadas e fixações cabe ao pesquisador interpretar esses dados, dar sentido a eles. E, por enquanto, não se tem certeza o que o participante pensou. Tem-se apenas seu comportamento ocular, que reflete seu pensamento e é sempre verdadeiro, mas difícil e delicado de interpretar.

Mesmo com as limitações expressas acima, a evolução tecnológica é um fator de incentivo ao pesquisador. Estudos têm possibilitado desenvolvimento de equipamentos que passaram a ser mais discretos e eficazes, e com mais mobilidade, favorecendo o uso em diversas áreas, além das habituais. Como exemplo dessa evolução tecnológica, é possível citar o processo de calibração, que antecede a gravação dos movimentos oculares. A partir disso, a precisão dos dados aumentou, sem perder a qualidade e a possibilidade de movimentos de cabeça ou posturais.

Acredita-se que essa pesquisa irá contribuir cientificamente para as pesquisas do Brasil, pois apresenta dados acerca da leitura e resolução de problemas matemáticos, algo não encontrado na literatura brasileira. Além disso, está trazendo uma contribuição aos professores e alunos ao investigar processos cognitivos durante a leitura e resolução de problemas matemáticos de disciplinas com alto índice de reprovação.

A experiência foi extremamente válida, contribuindo com a formação profissional, acadêmica e pessoal da pesquisadora. Não se deve encerrar as discussões. Que esta pesquisa possa servir de base a outras propostas investigativas que estuda novos fatores do ensino-aprendizagem dos estudantes.

Finalizando, convido o leitor a ler o produto desta tese no item cinco, a fim de conhecer outras possibilidades e análises realizadas, assim como obter sugestões para futuras pesquisas.

REFERÊNCIAS

- AKIBA, M.; LIANG, G. Effects of teacher professional learning activities on student achievement growth. **The Journal of Educational Research**, v. 109, n. 1, p. 99-110, 2016.
- ALSAWAIE, O. N.; ALGHAZO, I. M. The effect of video-based approach on prospective teachers' ability to analyze mathematics teaching. **Journal of Mathematics Teacher Education**, v. 13, n. 3, p. 223-241, 2010.
- ALMEIDA, L. S. Cognição e aprendizagem: como a sua aproximação conceptual pode favorecer o desempenho cognitivo e a realização escolar. **Psicologia: Teoria, Investigação e Prática**, I (1), 17-32, 1996.
- ALVARENGA, K. B.; DORR, R. C.; VIEIRA, V. D. O ensino e a aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral: características e interseções no centro-oeste brasileiro. **Revista Brasileira de Ensino Superior**, v. 2, n. 4, p. 46-57, 2017.
- ALVES, M. *et al.* Fatores que influenciam a aprendizagem de conceitos matemáticos em cursos de engenharia: Um estudo exploratório com estudantes da Universidade do Minho. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 29, n. 1, p. 259-293, 2016.
- ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- ALVES, F.; GONÇALVES, J. L.; SZPAK, K. Identifying instances of processing effort in translation through heat maps: An eye-tracking study using multiple input sources. In: **24th International Conference on Computational Linguistics**. 2012, p. 5.
- ANDRÉ, A. R. D. **As competências transversais e as práticas de gestão por competências: Um estudo exploratório de diferentes realidades organizacionais**. 2013. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento de Recursos Humanos). Instituto Politécnico do Porto. Vila do Conde. 2013.
- BARRETO, A. M. Eye tracking como método de investigação aplicado às ciências da comunicação. **Revista Comunicando**, v. 1, n. 1, p. 168-186, 2012.
- BARROS, R.; SOUSA, C. Estratégias de resolução de problemas de matemática em estudantes do ensino superior. **Ciências & Cognição**, v. 20, n. 1, 2015.
- BAUER, D. F. Constructing confidence sets using rank statistics. **Journal of the American Statistical Association**, v. 67, n. 339, p. 687-690, 1972.

BAZZO, W. A. **Ciência, tecnologia e sociedade: e o contexto da Educação Tecnológica**. Florianópolis: UFSC, 2014.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L.T do V.; BAZZO, J. L dos S. **Conversando sobre educação tecnológica**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2014.

BLOOM, B.S., HASTINGS, J.T., MADAUS, G.F. **Evaluación del aprendizaje**. Buenos Aires: Troquel, 1993.

BOERI, C. N.; VIONE, M. T. Abordagens em educação matemática. **Domínio Público**, v. 1, 2009.

BOTH, I. J. **Avaliação planejada, aprendizagem consentida: a fisiologia do conhecimento**. Curitiba: Editora IBPEX, 2007.

BRADFIELD, J. M.; MOREDOCK, H. S. **Medidas e testes em educação**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1963.

BRANSFORD, J. D.; BROWN, A. L.; COCKING, R. R. Como as pessoas aprendem. **São Paulo: Senac**, 2007.

BRASIL. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – INEP**, disponível em <http://portal.inep.gov.br/web/guest/educacao-basica>. Acesso em 28 abr. 2017.

BURGESS-LIMERICK, R. *et al.* The influence of computer monitor height on head and neck posture. **International journal of industrial ergonomics**, v. 23, n. 3, p. 171-179, 1999.

BURÓN, J. **Enseñar a aprender: Introducción a la metacognición**. Bilbao: Mensajero, 1997.

CANDAU, V. M. **Rumo a uma nova didática**. 24^a ed. Petrópolis: Vozes, 2014a.

CANDAU, V. M. **A didática em questão**. 36^a ed. Petrópolis: Vozes, 2014b.

CARPENTER, R. H. S. **Movements of the Eyes**. London: Plon, 1988.

CAVASOTTO, M; VIALI, L. Dificuldades na aprendizagem de cálculo: o que os erros podem informar. **Boletim GEPEM**, nº 59, p. 15-33, jul-dez. 2011.

CHANDRASEKARAN, S.; AL-AMERI, R. A. Assessing team learning practices in project/design based learning approach. **International journal of engineering pedagogy**, v. 6, n. 3, p. 24-31, 2016.

CHESNEY, D. L. *et al.* An eye for relations: eye-tracking indicates long-term negative effects of operational thinking on understanding of math equivalence. **Memory & cognition**, v. 41, n. 7, p. 1079-1095, 2013.

CHRISTO, M. M. S.; DE RESENDE, L. M. M.; KUHN, T. do C. G. POR QUE OS ALUNOS DE ENGENHARIA DESISTEM DE SEUS CURSOS—UM ESTUDO DE CASO. **Nuances: estudos sobre Educação**, v. 29, n. 1, 2018.

CORREIA, D. V. M. **Estudos experimentais sobre leitura e compreensão de problemas verbais de matemática**. 2013. 497f. Tese (Doutorado em Linguística) – Universidade de Lisboa. Lisboa. 2013.

CURY, H. N. **Disciplinas matemáticas em cursos superiores: reflexões, relatos, propostas**. EDIPUCRS, 2004.

D'AMBRÓSIO, U. **Educação Matemática: da teoria à prática**. Campinas: Papirus, 2012. Coleção Perspectivas em Educação Matemática.

DARLING-HAMMOND, L. School reform at the crossroads: Confronting the central issues of teaching. **Educational Policy**, v. 11, n. 2, p. 151-166, 1997.

DAVIDOFF, L. **Introdução à Psicologia**. São Paulo: Makron Books, 2001.

DEBALD, B. S. **A docência no ensino superior numa perspectiva construtivista**. In: SEMINÁRIO NACIONAL ESTADO E POLÍTICAS SOCIAIS NO BRASIL. Cascavel, 2003.

DEHAENE, S. **The number sense: How the mind creates mathematics**. Oxford University Press: USA, 2011.

DEHAENE, S. O cérebro matemático. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 01 out. 2000. Folha Ciência.

DEHAENE, S. Stanislas Dehaene: O processo de alfabetização muda o cérebro. **Jornal do Commercio**, Pernambuco, 30 jun. 2012.

DEMO, P. **Aprendizagem no Brasil: ainda muito por fazer**. Porto Alegre: Mediação, 2004.

DRY, R. *et al.* SigmaPipe as an education tool for engineers. **Education for Chemical Engineers**, v. 14, p. 1-15, 2016.

DUARTE, L. M. **Alocação de esforço cognitivo em uma tarefa de (re) tradução: estudo sobre desempenho no par linguístico francês-português**. 2017. 147f. Dissertação (Mestrado em Estudos Linguísticos) – Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais. 2017.

DUCHOWSKI, A. T. **Eye Tracking Methodology: Theory and Practice**. London: Springer, 2007.

EL-ZEIN, A. H.; HEDEMANN, C. Beyond problem solving: Engineering and the public good in the 21st century. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 692-700, 2016.

ESPERANÇA, A. C. D. S. A matemática dos cursos complementares no Instituto Júlio de Castilhos (Porto Alegre, Brasil). **Revista História da Educação**, v. 45, n. 19, p. 29-41, 2015.

FARIA, E. T. O professor e as novas tecnologias. In: ENRICONE, D (org). **Ser professor**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002.

FERNÁNDEZ, F. A. Didáctica y optimización del proceso de enseñanza aprendizaje. **Editorial Pueblo y Educación**. La Habana, 1998.

FERRAZ, A. P. C. M. *et al.* Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FERREIRA, L. H. B.; FROTA, P. R. O. Ensino e aprendizagem: conceitos dos licenciados da Universidade Federal do Piauí. 2002. Disponível em: http://leg.ufpi.br/subsiteFiles/ppged/arquivos/files/eventos/evento2002/GT.1/GT1_2_2002.pdf. Acesso em: 10 mai. 2017.

FERRUZZI, E. C.; DE ALMEIDA, L. M. W. Diálogos em modelagem matemática. **Ciencia & Educação**, v. 21, n. 2, p. 377-394, 2015.

FLEURI, R. M. **Educar para quê?** Goiânia: Ed. Universidade Católica de Goiás, 1986.

FONSECA, D. *et al.* Relationship between student profile, tool use, participation, and academic performance with the use of Augmented Reality technology for visualized architecture models. **Computers in Human Behavior**, v. 31, p. 434-445, 2014.

FORSTER, R. Aspectos da utilização do rastreamento ocular na pesquisa psicolinguística. **DELTA: Documentação e Estudos em Linguística Teórica e Aplicada**, v. 33, n. 2, 2017.

FRANCO, M. L. P. B. Pressupostos epistemológicos da avaliação educacional. *In* SOUZA, C. P. (org.) **Avaliação do rendimento escolar**. São Paulo: Papirus, 1991, p. 13 – 26.

FRANCO, M. A. *et al.* O ambiente virtual de aprendizagem e sua incorporação na Unicamp. **Educação e Pesquisa**, v. 29, n. 2, p. 341-353, 2003.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FROTA, M.C.R. A diversidade de estilos de aprendizagem matemática na sala de aula do ensino superior. *In*: X Encontro Nacional de Educação Matemática: Matemática, Cultura e Diversidade. Salvador: 2010. Disponível em http://www.lematec.net.br/CDS/ENEM10/artigos/MR/MR7_Frota.pdf. Acesso em 06 de maio 2018.

FROTA, M. C. R. O pensar matemático no ensino superior: concepções e estratégias de aprendizagem dos alunos. 2002. 287f. Tese (Doutorado em Educação) – UFMG, Belo Horizonte. 2002.

GARCÍA, A. *et al.* Changing assessment methods: New rules, new roles. **Journal of Symbolic Computation**, v. 61, p. 70-84, 2014.

GARCIA, R. L. A avaliação e suas implicações no fracasso/sucesso. *In* ESTEBAN, M. T (org) *et al.* **Avaliação: uma prática em busca de novos sentidos**. Rio de Janeiro: DP&A, 2001, p. 29 – 49.

GARZELLA, F. A. C. **A disciplina de Cálculo I: a análise das relações entre as práticas pedagógicas do professor e seus impactos nos alunos**. 2013. 298 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas. São Paulo. 2013.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. *In*: **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1994.

GIUSTA, A. da S. Concepções de aprendizagem e práticas pedagógicas. **Educação em Revista**, v. 29, n. 1, p. 20-36, 2013.

GONZÁLEZ, A. *et al.* Experimental Evaluación of the impact of b-learning methodologies on engineering students in Spain. **Computers in Human Behavior**, v. 29, n. 2, p. 370-377, 2013.

GOODCHILD, S. Mathematics teaching development: learning from developmental research in Norway. **ZDM**, v. 46, n. 2, p. 305-316, 2014.

GRAVEN, M. Investigating mathematics teacher learning within an in-service community of practice: The centrality of confidence. **Educational studies in mathematics**, v. 57, n. 2, p. 177-211, 2004

GROSS, R. **Psychology, the science of mind and behaviour**. Hodder Education, 2005.

GYNNILD, V.; TYSSDAL, J.; LORENTZEN, L. Approaches to study and the quality of learning. Some empirical evidence from engineering education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 3, n. 4, p. 587-607, 2005.

HALBE, J.; ADAMOWSKI, J.; PAHL-WOSTL, C. The role of paradigms in engineering practice and education for sustainable development. **Journal of Cleaner Production**, v. 106, p. 272-282, 2015.

HARLEY, W., OSBORNE, R. A model for learning and teaching applied to primary science. **Journal of Curriculum Studies**, v.17, n.2, p.133-146, 1985.

HATT, F. O foveal peripheral simulation small. 2010. Disponível em: http://fredhatt.com/blog/2010/06/20/exercising-perception/72167429_524bf02ae4_o-foveal-peripheral-simulation-small/#comments. Acesso em 04 jul. 2017.

HELENE, O; HELENE, A. F. Alguns aspectos da óptica do olho humano. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 3312, 2011.

HENSEL, R.; SIGLER, J. R.; LOWERY, A. Breaking the cycle of Calculus Failure: Models of Early Math Intervention to Enhance Engineering Retention. 2008. Disponível em: <<https://www.asee.org/public/conferences/8/papers/3737/download> > Acesso em 07 jul. 2017.

HOFFMANN, J. **Avaliar: respeitar primeiro, educar depois**. Mediação, 2013.

HOLLANDER, M.; WOLFE, D. A. **Nonparametric statistical methods**. New York: John Wiley & Sons, 1999.

HOLT, J. Numbers guy. **The New Yorker**, v. 84, n. 3, p. 42-47, 2008.

HUANG, R.; GONG, Z.; HAN, X. Implementing mathematics teaching that promotes students' understanding through theory-driven lesson study. **ZDM**, v. 48, n. 4, p. 425-439, 2016.

HVELPLUND, K. T. Eye tracking and the process of dubbing translation. In DÍAZ-CINTAS, J.; NIKOLI, K. (Ed.). **New pursuits in audiovisual translation**. London: Multilingual Matters, 2015.

INGLIS, M.; ALCOCK, L. Expert and novice approaches to reading mathematical proofs. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 43, n. 4, p. 358-390, 2012.

JACOB, R. Eye Tracking in Advanced Interface Design. In: **Virtual Environments and Advanced Interface Design**. Oxford University Press, New York. 1995.

JAKOBSEN, A. L.; JENSEN, K. T. H. Eye movement behavior. **Copenhagen Studies in Language**, v. 36, p. 103-124, 2008.

JAWORSKI, B.; MATTHEWS, J. Developing teaching of mathematics to first year engineering students. **Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA**, v. 30, n. 4, p. 178-185, 2011.

JOU, M. *et al.* A study on the usability of E-books and APP in engineering courses: A case study on mechanical drawing. **Computers & Education**, v. 92, p. 181-193, 2016.

KHAKBAZ, A. Mathematics university teachers' perception of pedagogical content knowledge (PCK). **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, v. 47, n. 2, p. 185-196, 2016.

KLEIN, A. I. *et al.* O processamento da anáfora pronominal em crianças com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade e em crianças disléxicas: um estudo através da análise dos movimentos oculares. **Letras de Hoje**, Porto Alegre, v. 59, n. 1, p. 40-48, jan.-mar. 2015.

KLEIN, A. I. **O processamento da anáfora pronominal em crianças com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade e em crianças disléxicas: um estudo através da análise dos movimentos oculares**. 2013. 181f. Tese (Doutorado em Letras) – Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2013.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2005.

LAUDARES, J. B. Alguns equívocos docentes no uso da matemática em cursos de engenharia. **Revista Educação em Questão**, v. 19, n. 5, p. 55-68, 2016.

LIN, P. *et al.* Exploring college students' cognitive processing patterns during a collaborative problem-solving teaching activity integrating Facebook discussion and simulation tools. **The Internet and Higher Education**, v. 22, p. 51-56, 2014.

LINSINGEN, I. V. *et al.* **Formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da educação tecnológica.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999.

LOTTI, V. B.; COSTER, R.; RIBOLDI, J. Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não-paramétricos por simulação. **Revista HCPA.** Porto Alegre. Vol. 32, no. 2 (2012), p. 227-234, 2012.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições.** São Paulo: Cortez, 2005.

MA, J.; ZHOU, D. Fuzzy set approach to the assessment of student-centered learning. **IEEE Transactions on Education**, v. 43, n. 2, p. 237-241, 2000.

MACEDO, E. C. de *et al.* Processos perceptuais e cognitivos na leitura de palavras: propriedades dos movimentos oculares. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 11, n. 2, p. 275-283, 2007.

MAIA, M. Processos bottom-up e top-down no rastreamento ocular de imagens. **Revista Veredas**, v. 12, n. 2, 2016.

MALTA, G. **O processamento cognitivo em tarefas de (re) tradução: um estudo baseado em rastreamento ocular, registro de teclado e mouse e protocolos retrospectivos.** 2015. 249f. Tese (Doutorado em Linguística Aplicada) - Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2015.

MARTINS, P. L. O. **Didática teórica/Didática prática.** Edições Loyola, 2002.

MASON, L.; PLUCHINO, P.; TORNATORA, M. C. Using eye-tracking technology as an indirect instruction tool to improve text and picture processing and learning. **British Journal of Educational Technology**, 2016.

MATUKHIN, D.; ZHITKOVA, E. Implementing Blended Learning Technology in Higher Professional Education. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 206, p. 183-188, 2015.

MATURANA, H. **Da biologia à psicologia.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

MAYER, Richard E.; HEISER, Julie; LONN, Steve. Cognitive constraints on multimedia learning: When presenting more material results in less understanding. **Journal of educational psychology**, v. 93, n. 1, p. 187, 2001.

MAYOR, J.; SUENGAS, A.; GONZÁLEZ, J. **Estrategias metacognitivas: aprender a aprender y aprender a pensar.** Madrid: Editorial síntesis, SA, 1995.

MERKLEY, R.; ANSARI, D. Using eye tracking to study numerical cognition: the case of the ratio effect. **Experimental Brain Research**, v. 206, n. 4, p. 455-460, 2010.

MEZZALIRA, R. *et al.* Oculomotricidade na infância: o padrão de normalidade é o mesmo do adulto? **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 71, n. 5, 2005.

MINDA, A. A. *et al.* Enhancing Mathematical Skills By The Use Of Virtual Instruments. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 191, p. 996-1001, 2015.

MONTOYA, A. O. D. **Teoria da aprendizagem na obra de Jean Piaget**. UNESP, 2009.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

MOREIRA, M. A. **Avaliação da aprendizagem**. Texto preparado para a disciplina de pós-graduação Bases Teóricas e Metodológicas para o Ensino Superior. Instituto de Física da UFRGS, 2003. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/midias/apoio/avaliacao.pdf>. Acesso em 18 mai. 2017.

MUNARI, A. **Jean Piaget**. Fundação Joaquim Nabuco: Editora Massangana, 2010.

MUNTER, C.; STEIN, M. K.; SMITH, M. S. Dialogic and direct instruction: Two distinct models of mathematics instruction and the debate (s) surrounding them. **Teachers College Record**, v. 117, n. 11, p. 1-32, 2015.

MURRAY, W. S.; KENNEDY, A. Spatial coding in the processing of anaphor by good and poor readers: evidence from eye movement analyses. **Quarterly Journal of Experimental Psychology**, Glasgow, 40A, p. 693-718, 1998.

MYERS, D. **Psicologia**. Editorial Médica Panamericana: Madrid, 2006.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B.; VALADARES, C. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.

OLIVEIRA, G. P de. Avaliação formativa nos cursos superiores: verificações qualitativas no processo de ensino-aprendizagem e a autonomia dos educandos. **OEI-Revista Iberoamericana de Educación**, v. 15, 2002.

OLIVEIRA, M. C. A.; RAAD, M. R. A existência de uma cultura escolar de reprovação no ensino de Cálculo. **Boletim GEPEM**, n. 61, p. 125-137, jul-dez. 2012.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, Springer, v. 105, n. 3, p. 2109–2135, 2015.

PIAGET, J. Trad. BRAGA, I. **Para onde vai a educação?** J. Olympio, 1973.

PIAGET, J. **Problemas de Psicologia Genética**. Lisboa: Dom Quixote, 1977.

PIMENTA, S. G.; ANASTASIOU, L. DAS G. C. Docência no ensino superior. 3. ed. São Paulo: Cortez. 2008.

PŁUŻYCZKA, M. Na co patrzy, a co widzi tłumacz a vista? Translatoryczne możliwości poznawcze okulografii. **Lingwistyka Stosowana/Applied Linguistics/Angewandte Linguistik**, v. 5, p. 65-74, 2012.

PORTILHO, E. M. L. **Aprendizaje Universitario: um enfoque metacognitivo**. 2003. 348f. Tese (Doutorado de Educação) Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 2003.

PORTILHO, E. M. L. As estratégias metacognitivas de quem aprende e de quem ensina. In: **Aprendizagem: tramas do conhecimento, do saber e da subjetividade**. Petrópolis: Vozes, 2006. p. 47-59.

POZO, J. I. **Aprendizes e mestres**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

PRIMI, R.; SANTOS, AAA dos; VENDRAMINI, C. M. Habilidades básicas e desempenho acadêmico em universitários ingressantes. **Estudos de Psicologia**, v. 7, n. 1, p. 47-55, 2002.

PURVES, D.; AUGUSTINE, G. J; FITZPATRICK, D.; KATZ, L. C.; MANTIA, A. S; NAMARA, J. O.; WILLIAMS, S. M. **Neurociências**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

QUIVY, R.; CAMPENHOUDT, L. V. **Manual de Investigação em Ciências Sociais**. Lisboa: Gradiva, 1992.

RANGEL, M. **Métodos de ensino para a aprendizagem e a dinamização das aulas**. Papirus Editora, 2005.

RAO, R. V.; SAVSANI, V. J.; VAKHARIA, D. P. Teaching–learning-based optimization: a novel method for constrained mechanical design optimization problems. **Computer-Aided Design**, v. 43, n. 3, p. 303-315, 2011.

RAYNER, K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. **Psychological bulletin**, v. 124, n. 3, p. 372, 1998.

RAYNER, K. *et al.* **Psychology of Reading**. Psychology Press: New York, 2012.

REHFELDT, M. J. H.; NICOLINI, C. A. H.; QUARTIERI, M. T.; GIONGO, I. M. Investigando os conhecimentos prévios dos alunos de Cálculo do Centro Universitário Univates. **Revista de Ensino de Engenharia**, v.31, n.1, p.24-30, 2012.

RESENDE, G. *et al.* Principais dificuldades percebidas no processo ensino-aprendizagem de Matemática em escolas do município de Divinópolis (MG). **Educação Matemática Pesquisa**, v. 15, n. 1, 2013.

REZENDE, W. M. **O ensino de Cálculo**: dificuldades de natureza epistemológica. 2003. 468 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo. São Paulo. 2003.

RICHARDSON, D. C.; SPIVEY, M. J. Eye tracking: Characteristics and methods. **Encyclopedia of biomaterials and biomedical engineering**, v. 3, p. 1028-1042, 2004.

ROMÃO, J. E. **Avaliação dialógica**. Desafios e perspectivas. São Paulo, 2011.

ROYSTON, J. P. Uma extensão do teste W de Shapiro e Wilk para normalidade para amostras grandes. **Revista da Royal Statistical Society: Série C (Estatística Aplicada)**, v. 31, n. 2, p. 115-124, 1982.

ROŽEK, B. *et al.* The eye-tracking research method in the process of solving mathematical tasks requiring drawing analysis. **Didactics of Mathematics**, v. 11, p. 43-58, 2014.

SALUM, M. J. G. Os currículos de engenharia no Brasil—estágio atual e tendências. In: VON LINSINGEN, I. *et al.* (orgs). **Formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões contemporâneas da educação tecnológica**. Florianópolis: Editora da UFSC, p. 106-116, 1999.

SANTOS, S. C. O processo ensino-aprendizagem e a relação do professor-aluno: aplicação dos “sete princípios para a boa prática na educação de ensino superior”. **Caderno de Pesquisa em Administração**, 8(1), 69-82. 2001.

SCANLON, E. *et al.* Remote experiments, re-versioning and re-thinking science learning. **Computers & Education**, v. 43, n. 1, p. 153-163, 2004.

SCHNEIDER, E. *et al.* Eye gaze reveals a fast, parallel extraction of the syntax of arithmetic formulas. **Cognition**, v. 125, n. 3, p. 475-490, 2012.

SCHUCK, S. Enhancing Teacher Education in Primary Mathematics with Mobile Technologies. **Australian Journal of Teacher Education**, v. 41, n. 3, p. n3, 2016.

SCHWAB, J. J. The practical 3: Translation into curriculum. **The school review**, v. 81, n. 4, p. 501-522, 1973.

SCHNETZLER, R.P. Construção do conhecimento e ensino de ciências. **Em Aberto**, p. 17-22, 1992.

SHULMAN, L. S. Conhecimento e ensino: fundamentos para a nova reforma. **Cadernos Cenpec| Nova série**, v. 4, n. 2, 2015.

SLOANE, A. Learning with the Web: Experience of using the World Wide Web in a learning environment. **Computers & Education**, v. 28, n. 4, p. 207-212, 1997.

SMI: Senso Motoric Instruments. Disponível em <https://www.smivision.com/>. Acesso em 26 jun. 2017.

SUSAC, A. N. A. *et al.* Eye movements reveal students' strategies in simple equation solving. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 12, n. 3, p. 555-577, 2014.

TAVARES, J.; ALARCÃO, I. Paradigmas de formação e investigação no ensino superior para o terceiro milênio. **Escola reflexiva e nova racionalidade**, p. 94-114, 2001.

THABANE, J. L.; SEELETSE, S. M. Impact of university lecturers' intervention in school mathteaching. **Resonance**, v. 21, n. 5, p. 417-427, 2016.

TERRY, P. W. The Reading Problem in Arithmetic. **Journal of Educational Psychology**, v. 12, n. 7, p. 365, 1992.

TOĞAN, V. Design of planar steel frames using teaching–learning based optimization. **Engineering Structures**, v. 34, p. 225-232, 2012.

TORGO, L. **Introdução à Programação em R**. Faculdade de Economia. 2006. Disponível em: <http://cran.cc.uoc.gr/mirrors/CRAN/doc/contrib/Torgo-ProgrammingIntro.pdf>. Acesso em 22 mar. 2017.

TSAI, M.-J. *et al.* Visual attention for solving multiple-choice science problem: An eye-tracking analysis. **Computers & Education**, v. 58, n. 1, p. 375-385, 2012.

TSAI, M.-J. *et al.* Visual behavior, flow and achievement in game-based learning. **Computers & Education**, v. 98, p. 115-129, 2016.

VALADARES, J. A. S.; GRAÇA, M. **Avaliando para melhorar a aprendizagem**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1998.

VASCONCELLOS, C. dos S. **Avaliação: concepção dialética-libertadora do processo de avaliação escolar**. São Paulo: Libertad, 2006.

VIGNEAU, F.; CAISSIE, A. F.; BORS, D. A. Eye-movement analysis demonstrates strategic influences on intelligence. **Intelligence**, v. 34, n. 3, p. 261-272, 2006.

VITU, F. **Visual extraction processes and regressive saccades in reading**. In: Underwood G. editor. Cognitive processes in eye guidance. Oxford: University Press; 2005.

VLASKAMP, B. N.; HOOGE, I. T. C. Crowding degrades saccadic search performance. **Vision research**, v. 46, n. 3, p. 417-425, 2006.

YOKOMIZO, J. E. *et al.* Movimentos sacádicos durante leitura de texto em crianças e universitários bons leitores. **O Mundo da Saúde**, v. 32, n. 2, p. 131-138, 2008.

WATANABE, M. V. H. Eye Tracking e suas aplicações. 2013. 57f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Ciência da Computação) – Universidade de Londrina. Paraná. 2013.

WINER, L. R.; COOPERSTOCK, J. The “intelligent classroom”: Changing teaching and learning with an evolving technological environment. **Computers & Education**, v. 38, n. 1, p. 253-266, 2002.

YANUSCHIK, O. V.; PAKHOMOVA, E. G.; BATBOLD, K. E-learning as a Way to Improve the Quality of Educational for International Students. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 215, p. 147-155, 2015.

ZHANG, L.; STERNBERG, R. J. A threefold model of intellectual styles. **Educational psychology review**, v. 17, n. 1, p. 1-53, 2005.

ZARPELON, E. **Análise do desempenho de alunos calouros de engenharia na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I: um estudo de caso na UTFPR**. 2016. 120f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa. 2016.

ZARPELON, E.; RESENDE, L. M. M.; REIS, E. F. Análise do desempenho de alunos ingressantes de engenharia na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I. **Interfaces da educação**, v. 8, n. 22, p. 305-335, 2017.

ZEICHNER, K. M. Beyond the divide of teacher research and academic research. **Teachers and Teaching**, v. 1, n. 2, p. 153-172, 1995.

ZEMBAT, İ. Ö; ASLAN, M. Prescriptions Guiding Prospective Teachers in Teaching Mathematics. **Educational Sciences: Theory and Practice**, v. 16, n. 3, p. 735-769, 2016.