

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS APUCARANA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA TÊXTIL**

GILBERTO FILIPE GOMES CUSTODIO

**ANÁLISE DO GRAU DE BRANCO E RESISTÊNCIA OBTIDO EM TECIDO DE
ALGODÃO ALVEJADO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

APUCARANA

2019

GILBERTO FILIPE GOMES CUSTODIO

**ANÁLISE DO GRAU DE BRANCO E RESISTÊNCIA OBTIDO EM TECIDO DE
ALGODÃO ALVEJADO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Têxtil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Dayane Samara De Carvalho
Coorientador: Prof^o. Dr^o. Murilo Pereira Moisés

**APUCARANA
2019**



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Apucarana
COENT – Coordenação do curso superior em Engenharia Têxtil



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso:

Análise do grau de branco e resistência obtido em tecido de algodão alvejado com peróxido de hidrogênio

por

GILBERTO FILIPE GOMES CUSTODIO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado aos três dias do mês de julho do ano de dois mil e dezanove, às dez horas e meia, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Têxtil do curso de Engenharia Têxtil da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinado. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

PROFESSOR(A) DAYANE SAMARA DE CARVALHO COLTRE – ORIENTADORA

PROFESSOR (A) FABRICIO MAESTÁ BEZERRA – EXAMINADOR(A)

PROFESSOR(A) CAROLINE APOLONI CIONEK – EXAMINADOR(A)

*A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

CUSTÓDIO, Gilberto Filipe Gomes. **ANÁLISE DO GRAU DE BRANCO E RESISTÊNCIA OBTIDO EM TECIDO DE ALGODÃO ALVEJADO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**. 2019 35. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia Têxtil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana – 2019

RESUMO

O alvejamento é um processo que tem como principal objetivo a remoção da coloração amarelada natural das fibras. O mesmo pode ser feito mediante agentes de branqueio químico, classificados como redutores ou oxidantes, sendo que cada um tem um fator importante que deve ser considerado no momento do alvejamento. O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é um dos agentes mais empregados, sendo que sua ação resulta em um alvejamento com brilho e de fácil aplicação. Assim, o presente trabalho teve o objetivo de realizar um estudo sobre a análise do grau de branco e da resistência obtida em tecidos de algodão alvejado com peróxido de hidrogênio por meio da variação dos parâmetros de alvejamento utilizando um planejamento fatorial 2^3 . Desta forma, analisou-se as variáveis temperatura, concentração de peróxido de hidrogênio e concentração de hidróxido de sódio, o peróxido de hidrogênio e a temperatura foram as variáveis que apresentaram maior influência no grau de branco e para a resistência as variáveis as que apresentaram a maior influência foram a temperatura e o hidróxido de sódio. Todas as variáveis analisadas se mostraram importantes no processo e nos resultados obtidos tanto para o grau de branco quanto para a resistência.

CUSTÓDIO, Gilberto Filipe Gomes. **ANALYSIS OF THE DEGREE OF WHITE AND RESIST OBTAINED IN COTTON TISSUE TARGETED WITH HYDROGEN PEROXIDE**. 2018. 35. Course Completion Work Bachelors in Textile Engineering, Federal Technology University of Paraná, Apucarana - 2019

ABSTRACT

Bleaching is a process whose main objective is to remove the natural yellowish coloration of the fibers. The same can be done by chemical bleaching agents, classified as reducers or oxidants, where each has an important factor that should be considered at the time of bleaching. Hydrogen peroxide (H₂O₂) is one of the most used agents, and its action results in a bleaching with brightness and easy application. Thus, with the present work we aim to carry out a study on the analysis of the degree of white obtained in cotton tissues targeted with hydrogen peroxide through the variation of the bleaching parameters. From this analysis it will be possible to obtain the bleaching condition that will have the best whiteness in the tissue. In this way, the best dyeing conditions were evaluated by means of 2³ factorial design. Thus it was analyzed the variables temperature, hydrogen peroxide concentration and sodium hydroxide concentration, hydrogen peroxide and temperature were the variables that showed the greatest influence on the white degree and for the resistance the variables that showed the greatest influence are the temperature and sodium hydroxide. All variables analyzed were important in the process and in the final results obtained for white degree and the resistance.

LISTA DE ABREVIATURAS

SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
ABINT	Associação Brasileira das Indústrias de Não Tecidos e Tecidos Técnicos
ABIT	Associação Brasileira da Indústria Têxtil e Confecção
ABQCT	Associação Brasileira de Químicos e Coloristas Têxteis
DRX	Difratometria de Raios-X
H ₂ O	Água
CO	Monóxido de Carbono
H ₂ O ₂	Peróxido de Hidrogênio
pH	Potencial Hidrogênico
CIE	Commission Internationale d'Eclairage

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da Cadeia Produtiva Têxtil	13
Figura 2 - Fibras Têxteis	14
Figura 3 - Gráfico de processo experimental de alvejamento	19
Figura 4 - Gráfico de Probabilidade Normal dos Efeitos. (a) Grau de Alvura; (b) Resistência	25
Figura 5 - Gráfico da Superfície de Resposta para (a) Grau de Alvura em Função do H_2O_2 e NaOH; (b) Resistência em Função do H_2O_2 e NaOH	28
Figura 6 - Gráfico da Superfície de Resposta para (a) Grau de Alvura em Função da Temperatura e NaOH; (b) Resistência em Função da Temperatura e NaOH	30
Figura 7 - Gráfico da Superfície de Resposta para (a) Grau de Alvura em Função da Temperatura e H_2O_2 ; (b) Resistência em Função da Temperatura e H_2O_2	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz Experimental do Planejamento Fatorial 2 ³	20
Tabela 2 - Planejamento Fatorial 2 ³ , Grau de Alvura	22
Tabela 3 - Planejamento Fatorial 2 ³ , Resistência	23
Tabela 4 - Efeitos e Percentual de Contribuição	24
Tabela 5 - ANOVA para os Resultados do Grau de Branco	26
Tabela 6 - ANOVA para os Resultados da Resistência	26
Tabela 7 - Equações dos Modelos Estatísticos Obtidos para o Grau de Branco e Resistência	27
Tabela 8 - Concentrações Obtidas para Alcançar maior Grau de Branco e maior Resistência	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 JUSTIFICATIVA	8
1.2 OBJETIVOS	8
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	8
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 A INDÚSTRIA TÊXTIL E SEUS PROCESSOS.....	10
2.2 FIBRAS	11
2.3 BENEFICIAMENTO TÊXTIL	12
2.4 ALVEJAMENTO	13
2.5 ALVEJAMENTO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO	14
2.6 GRAU DE BRANCO.....	16
3 METODOLOGIA	17
3.1 MATERIAIS	17
3.2 ALVEJAMENTO	17
3.3 ANÁLISE DO GRAU DE BRANCO	18
3.4 ANÁLISE DA RESISTÊNCIA	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5 CONCLUSÃO	31
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1 INTRODUÇÃO

O mercado têxtil e de confecção mundial é dos mais dinâmicos, realizando lançamentos constantes de produtos e serviços. Em 2017, o setor têxtil teve uma produção média de 1,3 milhão de toneladas, enquanto 1,6 milhão de toneladas em 2016, autossuficiente na produção de algodão, o Brasil produz 9,4 bilhões de peças confeccionadas ao ano (ABIT, 2018).

Dentre as variedades de processos que envolvem a indústria têxtil, o processo de beneficiamento busca, de forma geral, melhorar as características físico-químicas do substrato têxtil, sendo dividido em três etapas: beneficiamento primário, secundário e terciário. No caso da etapa de beneficiamento primário, este processo tem por objetivo a preparação do substrato têxtil para os processos subsequentes. Essa preparação se dá por meio de processos mecânicos, físicos, químicos, bioquímicos e físico-químicos. (SENAI, 2015).

Um dos processos que ocorrem no beneficiamento primário é o alvejamento que tem por objetivo a remoção da coloração amarelada natural das fibras de algodão, melhorando seu grau de branco, de modo a preparar o substrato têxtil para os tratamentos subsequentes como tingimento e estamparia (FREITAS, 2002).

O alvejamento pode ser feito mediante agentes de branqueio químico, classificados como redutores ou oxidante, em que os agentes oxidantes são utilizados para as fibras celulósicas naturais, devido aos resultados obtidos, tanto do ponto de vista do rendimento como custo da operação (CARVALHO et al., 2000).

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é um dos agentes oxidantes mais empregados, sua ação resulta num alvejamento com bastante brilho e de fácil aplicação (ABIT, 2017).

Desta forma, a partir deste trabalho busca-se avaliar parâmetros pré-definidos do alvejamento de algodão com peróxido de hidrogênio, analisando a influência deles no grau de alvura e na resistência do tecido, a fim de se obter um eficiente branqueamento do substrato têxtil.

1.1 JUSTIFICATIVA

Alvejar significa tornar algo alvo ou branco, ou seja, trata-se do branqueamento do substrato em diversos graus ou níveis, desde que isso não implique a perda sensível de resistência do material (SENAI, 2015).

Dentre os diferentes processos de alvejamento, o que é realizado utilizando peróxido de hidrogênio é o mais empregado na indústria, pois além de ser de fácil aplicação o mesmo pode ser utilizado juntamente com o processo de desengomagem e purga, permitindo diminuir o tempo de processo e gastos com insumos (ABQCT, 2018).

Contudo, um fator importante para a obtenção de um bom alvejamento com peróxido de hidrogênio é encontrar o "ponto de estabilidade ideal", pois se o insumo for pouco estável, o oxigênio é desprendido muito rapidamente para a atmosfera não permanecendo tempo suficiente para alvejar o substrato. Por outro lado, se o insumo for demasiadamente estável não haverá liberação de oxigênio e, portanto também neste caso não haverá alvejamento (ABQCT, 2018).

Assim, caso o desprendimento não ocorra de maneira adequada, não é possível obter bom resultado no alvejamento e, conseqüentemente, o grau de branco obtido no final do processo não é o esperado. Desta forma, é necessário conhecer como os parâmetros de alvejamento podem influenciar no processo, como por exemplo, concentração de peróxido de hidrogênio, concentração de NaOH e temperatura de processo e, com isto, otimizar o processo de alvejamento.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o grau de branco e a resistência obtido em tecido de algodão a partir do alvejamento com peróxido de hidrogênio.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com o propósito de se alcançar o objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- a) Definir os parâmetros a serem analisados no processo de alvejamento;
- b) Realizar um planejamento fatorial 2^3 ;
- c) Além analisar o grau de branco e resistência dos tecidos obtidos a partir dos experimentos e;
- d) Propor um método no qual baseia-se em obter um melhor grau de branco com a mínima perda de resistência.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A INDÚSTRIA TÊXTIL E SEUS PROCESSOS

A indústria têxtil está presente em todos os países por conta de uma necessidade humana de vestuário e usos utilitários variados como, por exemplo, na decoração, na área hospitalar, militar, entre outros, sendo que a China aparece, atualmente, como o líder mundial em exportações de produtos têxteis e confeccionados (FUJITA e JORENTE, 2015).

No caso do Brasil, a indústria têxtil e de confecção tem destaque no cenário mundial, não apenas por seu profissionalismo, criatividade e tecnologia, mas também pelas dimensões de seu parque industrial. No ano de 2017, o Brasil teve um faturamento com a indústria têxtil de U\$\$ 45 bilhões, uma produção média de 2,7 toneladas, sendo o quinto maior produtor têxtil do mundo e também o segundo maior gerador dos primeiros empregos no Brasil (ABIT, 2017).

A importância da indústria têxtil pode ser relacionada com a diversidade de produtos fabricados na mesma, pois a princípio a indústria têxtil se trata basicamente da transformação de fibras em fios, fios em tecidos e esses tecidos em produtos diversificados. Na Figura 1, é apresentado um fluxograma resumido da indústria têxtil.

As fibras têxteis são a matéria-prima para a produção dos fios, as quais podem ser classificadas como naturais ou químicas. A fiação tem por objetivo a transformação das fibras em fios, estas são a matéria-prima da tecelagem ou malharia, no qual ocorre a produção de tecidos planos e malhas, respectivamente. Assim que as malhas e tecidos planos são fabricados, os mesmos passam pelo processo de beneficiamento primário, secundário e terciário de acordo com a necessidade do mesmo. Finalizando estas etapas, o tecido vai para a confecção onde será produzido o produto final podendo ser vestuário, linha lar ou técnicos. No caso do não tecido, este é constituído de véu ou manta de fibras ou filamentos consolidado por processos mecânicos, químicos e/ou térmico ou por meio da combinação dos três (ABINT, 1991).

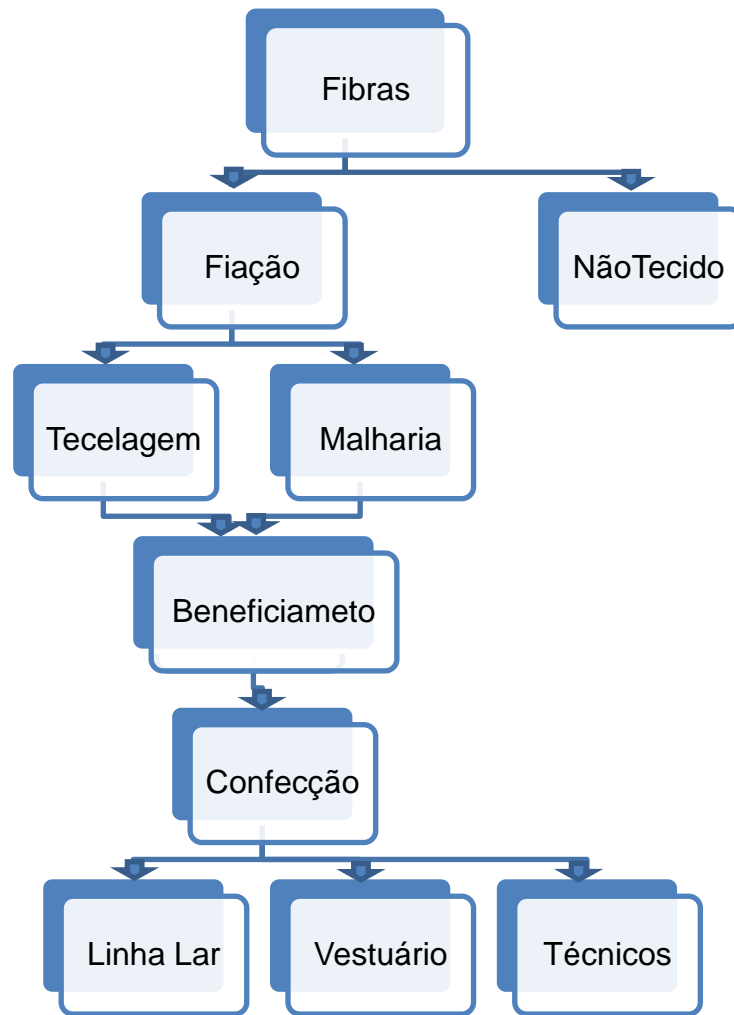


Figura 1: Estrutura da cadeia produtiva têxtil.
Fonte: Autor (2018).

2.2 FIBRAS

Fibra têxtil é a matéria-prima fundamental para a produção de artigos têxteis como fio, tecidos e não tecidos, elas são obtidas de diversas fontes naturais ou químicas e esse critério é comumente utilizado para sua classificação (SENAI, 2014).

As fibras naturais são aquelas que vêm de fontes naturais (animais, plantas etc.), sendo alguns exemplos destas fibras: algodão, lã e seda (NEEDLES, 1986). Contrariamente às fibras existentes na natureza, as fibras químicas são produzidas pelo homem e constituem dois grandes grupos, o das fibras artificiais e o das fibras sintéticas. As fibras artificiais são basicamente produzidas a partir da celulose como por exemplo o acetato e a viscose, enquanto as fibras sintéticas são obtidas de derivados do petróleo, exemplo: poliéster, polipropileno, poliamida, entre outras (FREIRE et al., 1997).

As fibras têxteis podem ser divididas como apresentado na Figura 2.

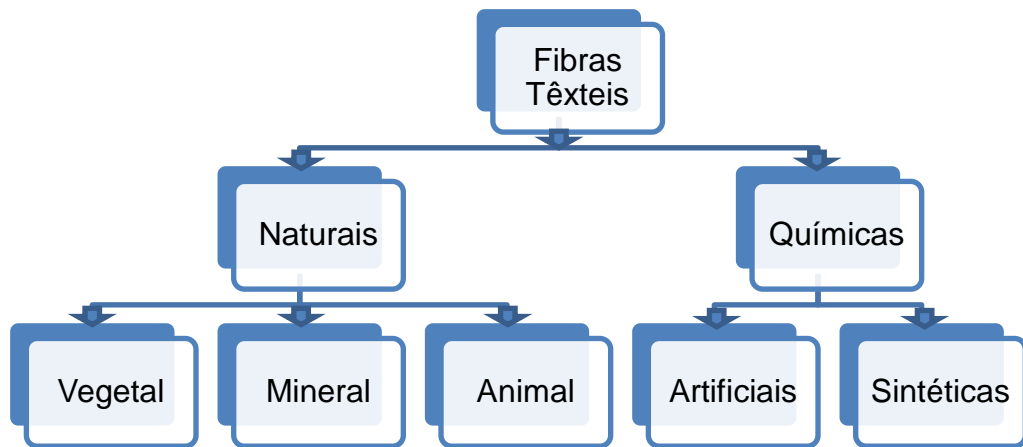


Figura 2: Fibras têxteis.
Fonte: Autor (2018).

O algodão é a mais importante das fibras celulósicas naturais, sendo a mais consumida entre as fibras naturais, o que se dá devido as suas características físicas como, por exemplo: cor, brilho, resistência, entre outras (SANTANA e WANDERLEY, 1995).

Os tecidos fabricados a partir de fibra de algodão apresentam uma cor amarelada devido a pigmentação natural da fibra, desta forma, o branqueamento da fibra de algodão é necessário para obter um branco puro, uma vez que as fibras de algodão raramente são brancas (ANNEPU, 2015).

Esse processo tem por objetivo produzir tecidos brancos com a ajuda de agentes branqueadores e com a mínima degradação da fibra (ABDUL E NARENDRA, 2013).

2.3 BENEFICIAMENTO TÊXTIL

O beneficiamento têxtil visa, de modo geral, melhorar as características físico-químicas do substrato, esteja ele em qualquer forma (fibras, fios, tecidos), sendo que este processo se divide em três etapas: beneficiamento primário, secundário e terciário (SENAI, 2016).

O beneficiamento primário é o conjunto de operações que prepara o substrato têxtil para receber tintura (parcial ou total) e acabamento final de acordo com sua aplicação (LAVADO, 2012). São apresentadas algumas operações que podem ser realizadas nesta etapa do processo:

- Navalhagem: utilizada com o objetivo de cortar as pontas de fibras salientes que permanecem levantadas sobre o tecido para que o tecido fique uniforme e não tenha problemas no tingimento ou estamparia (SENAI, 2015).
- Chamuscagem: as fibras que aparecem na superfície do tecido são queimadas, para deixar a superfície mais lisa, ou seja, com menor tendência de formação de pilling (LAVADO, 2012).
- Desengomagem: este tratamento é realizado em tecidos para eliminar a goma aplicada aos fios durante o processo de engomagem (LAVADO, 2012).
- Purga: consiste em um processo de limpeza a úmido e tem por objetivo eliminar as impurezas presentes nas fibras: gorduras, resinas, parafinas, óleos, entre outros (SENAI, 2015)
- Alveamento: o alveamento é aplicado para remover coloração amarelada do substrato a fim de obter um grau de branco homogêneo para em seguida tingir ou estampar este substrato (ANNEPU, 2015).

Já o beneficiamento secundário é o conjunto de operações que dá ao substrato têxtil coloração parcial e/ou total a partir da estamparia ou tingimento, e o beneficiamento terciário tem por objetivo melhorar as características do substrato têxtil como brilho, toque, maciez etc. (SENAI, 2016).

2.4 ALVEJAMENTO

Um dos processos realizados no beneficiamento primário é o alveamento, que segundo Lavado (2012), tem por objetivo remover as impurezas do substrato e obter um grau de branco, homogeneizando as variações indesejadas de tons, preparando o substrato para os processos subsequentes como tingimento ou estamparia de cores claras.

O alveamento pode ser feito por oxidação ou redução, sendo que os insumos utilizados para o alveamento por oxidação são: peróxido de hidrogênio, hipoclorito de sódio ou clorito de sódio (SENAI, 2015).

O hipoclorito de sódio é um agente barato e de rápida ação, porém, confere aos artigos um toque áspero. Além disto, este agente não só destrói as impurezas, mas ataca também a celulose, degradando-a por oxidação, sendo assim é necessário

que sejam observadas atentamente as condições necessárias para evitar a deterioração dos têxteis alvejados por esse agente (CARVALHO et. al., 2000).

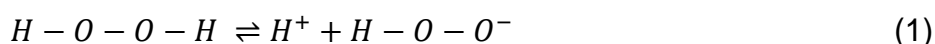
O clorito de sódio apresenta um alveamento com um bom grau de branco e o menor ataque da fibra celulósica quando comparado com o hipoclorito de sódio e o peróxido de hidrogênio, porém como inconvenientes tem-se a corrosão dos equipamentos de aço inoxidável, tendo que recorrer a máquinas á base de cerâmica ou materiais compostos de fibra de vidro para evitar a corrosão, outro agente utilizado no processo de alveamento por oxidação é o peróxido de hidrogênio que, como comentado anteriormente, é um dos mais utilizados devido a sua facilidade de aplicação (CEGARRA, 1997).

2.5 ALVEJAMENTO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

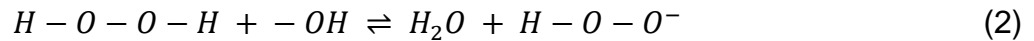
O alveamento com peróxido de hidrogênio começa a ser usado na indústria na década de 1930. Entre os diferentes agentes utilizados no alveamento das fibras naturais e das misturas com as fibras sintéticas, este é um agente que apresenta amplas possibilidades de aplicação (CEGARRA, 1997). Ele fornece um alto grau de brancura que é estável e não tende a se tornar amarelado durante o armazenamento. Além disso tem as vantagens de ser de baixo custo, apresentar flexibilidade de aplicação e a possibilidade de um procedimento de banho único (FAROOQ et al. 2012).

O peróxido é comercializado nas concentrações de 35% em massa (130 volumes) ou 50% em massa (200 volumes), em pH ácido. A decomposição com maior intensidade se inicia acima de pH 8. Nos dias de hoje, por motivos de custo, o alveamento com H₂O₂ é feito de maneira simultânea purga/alveamento ou ainda, no caso de tecidos planos de CO, desengomagem/purga/alveamento (SENAI, 2015).

No processo de alveamento com peróxido de hidrogênio ocorre primeiramente a dissociação do mesmo, segundo a seguinte reação (CEGARRA, 1997):

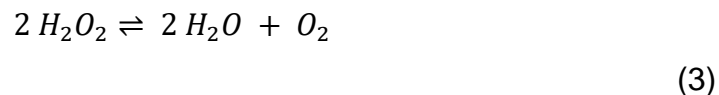


Os álcalis fazem com que essa decomposição acelere, pH 8 ocorre a acec sendo assim utilizados para acelerar as soluções de alveamento (CEGARRA, 1997).



O íon peroxila HO_2^- atua como agente oxidante.

Além disso, durante o processo pode ocorrer a formação de oxigênio, como mostrado na reação abaixo (CEGARRA, 1997):



Essa formação não é desejada, uma vez que implica em uma perda do poder alvejante (CEGARRA, 1997).

Em $pH < 10$, o peróxido de hidrogênio é a principal espécie, por isso é inativo como água sanitária. Em $pH 10$ a 11 , existe uma concentração moderada de íon peroxila. Já em $pH > 11$ há uma rápida geração de íons peroxila e quando o pH atinge $11,8$, todo o peróxido de hidrogênio é convertido em íons peroxila e o alvejamento está fora de controle. Assim, o $pH 10,2$ a $10,7$ é o ideal para o alvejamento controlado e, para se alcançar este pH adequado, se utiliza hidróxido de sódio (TOMASINO, 1992).

A seleção de álcali a ser usado no alvejamento com peróxido depende das fibras ou misturas sendo alvejadas. O hidróxido de sódio e o carbonato de sódio são geralmente utilizados em fibras celulósicas (KARMAKAR, 1999).

Dentro do processo de alvejamento, o controle do íon peroxila para prevenir a rápida decomposição do alvejante e minimizar a degradação da fibra é descrito como estabilização. Assim, são utilizados estabilizadores no processo que, normalmente, funcionam controlando a formação de radicais livres (KARMAKAR, 1999).

Os estabilizadores podem ser inorgânicos (fosfatos, silicatos, zeólitas) ou orgânicos (ácidos carboxílicos, compostos fosfóricos). Segundo Kamakar (1999), dentre os compostos inorgânicos, o silicato de sódio é o estabilizador mais convencional, facilmente disponível e amplamente utilizado, ele forma um composto complexo com íons peroxila que são liberados lentamente a uma temperatura mais alta durante o processo de alvejamento.

Porém, segundo Cegarra (1997), o silicato de sódio produz um toque um tanto duro nos tecidos alvejados, devido a este inconveniente os estabilizadores orgânicos

foram introduzidos. Estes produtos são de composição variada e atuam como sequestrantes dos íons metálicos, regulando a velocidade de decomposição do peróxido de hidrogênio para obter altos graus de brancura, pouca degradação da celulose e um toque agradável no têxtil.

Abdul e Narendra (2013) realizaram um estudo com o intuito de explorar as possibilidades de branqueamento do tecido de algodão utilizando o peróxido de hidrogênio. Os autores variaram a temperatura e o tempo a fim de analisar os efeitos desses parâmetros na diminuição da massa e grau de branco obtido. Segundo eles, o tempo é inversamente proporcional à temperatura, pois quanto maior a temperatura menor tempo de processo necessário para a obtenção de um bom grau de branco. E com o aumento da concentração de peróxido de hidrogênio obteve-se uma diminuição da massa do substrato têxtil.

2.6 GRAU DE BRANCO

A brancura pode ser definida como um aspecto da cor que corresponde à alta luminosidade e uma ausência de tom (ZARUBICA *et al.*, 2005). Quanto maior e mais uniforme a refletância, mais branco é a aparência do objeto (AKGUN, 2014). Segundo Valdeperas (2005), “as amostras que apresentarem uma cor branca estão localizadas na região azul do espaço de cores CIE (Commission Internationale d'Eclairage) e atendem aos seguintes requisitos”:

- Luminosidade (L): acima de 70% serão considerados como brancos, abaixo deste valor as amostras são consideradas mais ou menos cinzas.
- Croma (C) e tom (H): o tom deve estar entre os comprimentos de onda predominantes 465 e 475 nm. O valor limite da cromia para as amostras serem reconhecidas como brancas dependerá fortemente do valor do brilho. Amostras altamente saturadas serão reconhecidas como azuladas em vez de brancas.

3 METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS

Para a realização dos experimentos utilizou-se amostras de tecido meia malha (composição é 100% algodão e gramatura $147 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$) com tamanho de $12 \times 10 \text{ cm}$, peróxido de hidrogênio (Synth 130 Vol), agente estabilizador GoldstabOX (Golden Technology), hidróxido de sódio (Alphatec), cortador de amostras (ICEQ), máquina de caneca (KIMAK AT1-SW), espectrofotômetro delta vista 450G (DELTA COLOR). Os experimentos foram realizados na UTFPR – campus Apucarana.

3.2 ALVEJAMENTO

Para o processo de alvejamento, utilizou-se a metodologia baseada em Farooq et. al. (2012). Desta forma, utilizou-se uma relação de banho de 1:30, $6 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ de H_2O_2 (130 vol), $5 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ de NaOH (50 °Bé), $1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de estabilizador, $1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ de agente umectante, elevou-se a temperatura gradativamente até 90°C e o tempo de processo de 60 minutos. A partir deste procedimento variou-se os parâmetros, a fim de avaliar qual a melhor condição para se obter o máximo de grau de branco e a menor perda de resistência.

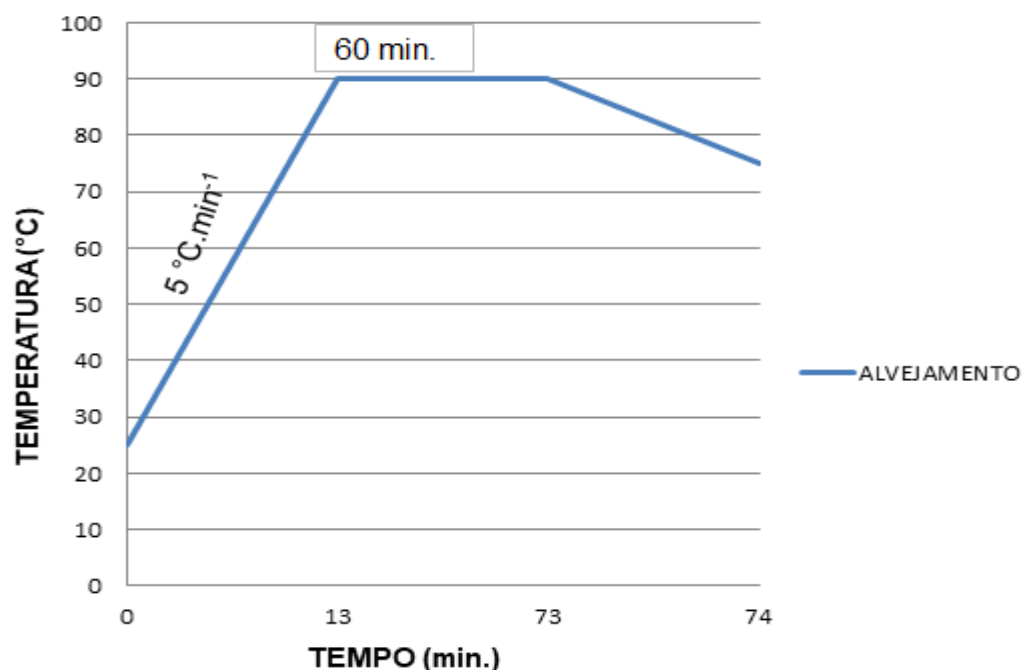


Figura 3: Gráfico de processo experimental de alvejamento.
Fonte: Autor (2018).

Para realizar a análise do grau de branco e resistência foi estruturado um planejamento fatorial 2^3 , com 2 níveis e 3 variáveis, resultando em 8 experimentos, conforme apresentado na Tabela 1. O planejamento experimental foi realizado para avaliar dentre os parâmetros escolhidos, que exercem maior influência no grau de branco e na resistência e a análise estatística dos dados foi realizada por meio do software Design Expert 7.0.

Tabela 1. Matriz experimental do planejamento fatorial 2^3

Variáveis Reais				Variáveis Codificadas		
Ensaio	Concentração de NaOH (mL·L ⁻¹)	Concentração de H ₂ O ₂ (mL·L ⁻¹)	Temperatura (°C)	A	B	C
1	1,00	2,00	60,00	-1	-1	-1
2	5,00	2,00	60,00	+1	-1	-1
3	1,00	6,00	60,00	-1	+1	-1
4	5,00	6,00	60,00	+1	+1	-1
5	1,00	2,00	90,00	-1	-1	+1
6	5,00	2,00	90,00	+1	-1	+1
7	1,00	6,00	90,00	-1	+1	+1
8	5,00	6,00	90,00	+1	+1	+1

Fonte: Autor (2018)

3.3 ANÁLISE DO GRAU DE BRANCO

Depois de realizado o alveamento analisou-se o grau de branco das amostras por meio de espectrofotometria a fim de avaliar a influência dos parâmetros de alveamento descrito anteriormente na alvura do tecido.

Para a realização deste teste foi utilizado o espectrofotômetro Delta Vista 450G (DELTA COLOR), sendo que para a realização da análise, as amostras foram dobradas e então, realizadas três medidas para ser obtido um valor médio referente a cada amostra.

3.4 ANÁLISE DA RESISTÊNCIA

Realizou-se o teste de resistência das amostras alvejadas, para isso utilizou-se o equipamento WDW-300E da marca Time-Shijin Group, também conhecida como máquina de ensaio universal. O teste constitui-se de duas garras fixas, onde foram posicionadas amostras com altura superior a 5 cm. O teste foi realizado com a aplicação de um deslocamento contínuo e constante até a ruptura da amostra e, para isso, utilizou-se amostras com dimensões de 12 x 10 cm, sendo que os experimentos foram realizados em duplicatas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir planejamento fatorial 2^3 pode-se verificar a influência da concentração de NaOH, concentração do H_2O_2 e temperatura do processo no grau de branco e na resistência do tecido de algodão alvejado com peróxido de hidrogênio. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 2. Planejamento fatorial 2^3 , grau de alvura

Ensaio	NaOH (mL·L ⁻¹)	H ₂ O ₂ (mL·L ⁻¹)	Temp. (°C)	Grau de Alvura 1	Grau de Alvura 2	Grau de alvura médio
1	1,00	2,00	60,00	64,25	65,40	64,82
2	5,00	2,00	60,00	66,14	64,93	65,53
3	1,00	6,00	60,00	68,13	69,38	68,75
4	5,00	6,00	60,00	69,3	70,15	69,72
5	1,00	2,00	90,00	71,44	73,55	72,49
6	5,00	2,00	90,00	73,42	73,87	73,64
7	1,00	6,00	90,00	75,14	75,08	75,11
8	5,00	6,00	90,00	76,9	77,21	77,05
Tecido Não tratado	-	-	-	47,87	47,59	47,73

Fonte: Autor (2018)

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2, o tecido alvejado que apresentou melhor grau de alvura médio foi o ensaio 8 (77,05), utilizando maior concentração de NaOH e H_2O_2 , além da maior temperatura. Segundo Salen (2010) um valor de referência do grau de branco do tecido de algodão após ser alvejado está na faixa de 79,8.

Em relação à resistência, Tabela 3, o ensaio 6 apresentou o melhor resultado (186 N), no qual se utilizou a maior concentração de NaOH, a menor concentração de H_2O_2 e a maior temperatura. O tecido cru apresentou uma resistência de 218,5 N, tendo então uma perda de aproximadamente 15% de resistência do melhor resultado obtido após o alvejamento e o tecido sem tratamento.

Tabela 3. Planejamento fatorial 2³, resistência

Ensaio	NaOH (mL·L⁻¹)	H₂O₂ (mL·L⁻¹)	Temp. (°C)	Resistência 1 (N)	Resistência 2 (N)	Resistência média (N)
1	1,00	2,00	60,00	146,50	103,50	125,00
2	5,00	2,00	60,00	119,50	147,50	133,50
3	1,00	6,00	60,00	95,50	124,50	110,00
4	5,00	6,00	60,00	61,50	62,50	62,00
5	1,00	2,00	90,00	117,50	151,50	134,50
6	5,00	2,00	90,00	198,50	173,50	186,00
7	1,00	6,00	90,00	124,00	125,00	124,50
8	5,00	6,00	90,00	138,00	143,50	140,75
Tecido cru	-	-	-	210,00	227,00	218,50

Fonte: Autor (2018)

Segundo Abdul e Narendra (2013), com o aumento do peróxido de hidrogênio tem-se um aumento do grau de branco e um aumento na perda de massa do tecido, o que explica os resultados obtidos, uma vez que com a maior concentração de H₂O₂ obteve-se o maior grau de branco e a menor resistência.

Na Tabela 4 é apresentado o efeito das variáveis em relação ao grau de alvura e a resistência, bem como o percentual de contribuição de cada variável para a resposta, obtida por meio do software Design-Expert 7.0.

A temperatura foi o parâmetro que apresentou maior contribuição para o grau de branco, com percentual de 77,62%, seguido pelo peróxido de hidrogênio com percentual de 17,89%.

Em relação à resistência, a temperatura também foi o parâmetro com maior contribuição, com percentual de 31,33%, seguido novamente pelo peróxido de hidrogênio com percentual de 26,13%, porém esse percentual está associado a um efeito negativo, esse efeito negativo quer dizer que com o aumento desse parâmetro há uma diminuição da resistência.

Tabela 4. Efeitos e percentual de contribuição.

Termos	Efeito		Contribuição (%)	
	Grau de alvura	Resistência	Grau de Branco	Resistência
A - NaOH (ml/L)	1,19	6,94	2,04	0,99
B - H ₂ O ₂ (ml/L)	3,54	-35,56	17,89	26,13
C - Temp. (°C)	7,37	38,94	77,62	31,33
AB	0,26	-23,06	0,100	10,99
AC	0,35	26,94	0,18	14,99
BC	-0,52	7,94	0,39	1,30
ABC	0,13	5,44	0,026	0,61

Fonte: Autor (2018)

Para realizar a verificação dos efeitos que foram significativos para as variáveis respostas (grau de alvura e para a resistência), foi efetuada a análise dos gráficos de probabilidade normal dos efeitos, obtidos a partir do software Design-Expert, os quais são apresentados na Figura 3.

Nestes mesmos gráficos, fez-se a seleção dos efeitos para a análise de variância (ANOVA). Em que valores que se distanciam da reta são significativos e, valores muito próximos ou sobrepostos pela reta são considerados não significativos. Assim, por meio desta análise constatou-se que todas as variáveis (A, B, C) são significativas para o grau de branco, enquanto para a resistência apenas as variáveis B e C, e a interação AB e AC são significativas.

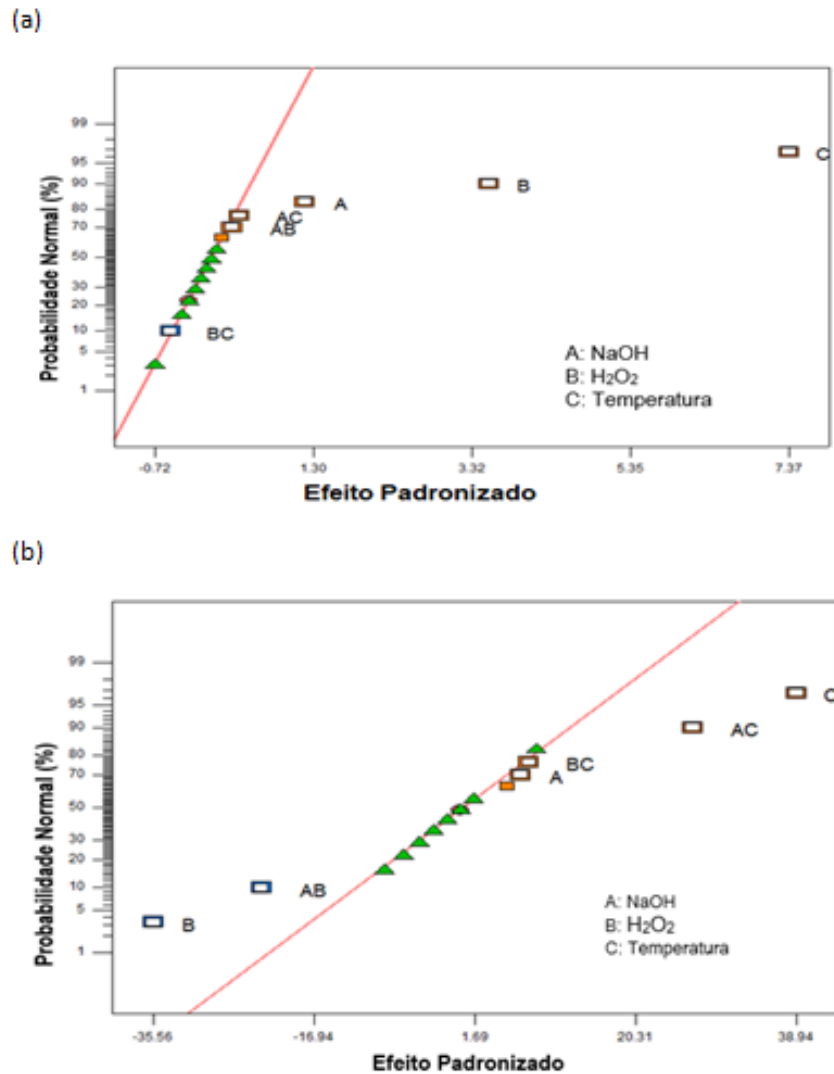


Figura 4: Gráfico de probabilidade normal dos efeitos. (a) Grau de alvura e; (b) Resistência;
Fonte: Autor (2018).

A verificação da possível existência de diferenças significativas entre os níveis dos parâmetros foi realizada pela análise de variância (ANOVA) e os resultados obtidos são mostrados na Tabela 5, para o grau de branco, e na Tabela 6, para a resistência. Nos casos em que o p-valor for $\leq 0,05$ indica-se que as variáveis do modelo foram significativas, assim, nota-se que para ambas variáveis respostas modelo é significativo e a falta de ajuste foi não significativa. Além disso, foi observado que para o grau de branco as variáveis A, B e C, foram significativas e para a resistência as variáveis B, C, AB e AC foram significativas.

Tabela 5. ANOVA para os resultados do grau de branco

	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média dos Quadrados	Valor F	p - Valor Nível de significância
Modelo	247,64	6	45,77	82,65	< 0,0001
A-NaOH	5,70	1	5,70	10,29	0,0107
B-H₂O₂	50,02	1	50,02	90,32	< 0,0001
C-Temperatura	217,05	1	217,05	391,90	< 0,0001
AB	0,28	1	0,28	0,50	0,4964
AC	0,50	1	0,50	0,90	0,3666
BC	1,10	1	1,10	1,98	0,1929
Resíduo	4,98	9	0,55		
Falta de ajuste	0,072	1	0,072	0,12	0,7416
Erro puro	4,91	8	0,61		
Total	279,63	15			

Fonte: Autor (2018)

Tabela 6. ANOVA para os resultados da resistência

	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Média dos Quadrados	Valor F	p - Valor Nível de significância
Modelo	16597,84	6	2766,31	9,02	0,0022
A-NaOH	192,52	1	192,52	0,63	0,4487
B-H₂O₂	5058,77	1	5058,77	16,49	0,0028
C-Temperatura	6064,52	1	6064,52	19,77	0,0016
AB	2127,52	1	2127,52	6,93	0,0272
AC	2902,52	1	2902,52	9,46	0,0132
BC	252,02	1	252,02	0,82	0,3884
Resíduo	2761,13	9	306,82		
Falta de ajuste	118,27	1	118,27	0,36	0,5662
Erro puro	2643,13	8	330,39		
Total	19359,23	15			

Fonte: Autor (2018)

Após a análise de variância, obteve-se a equação para os fatores e seus coeficientes de correlação R^2 , os quais são apresentados na Tabela 7 sendo observado que os valores de R^2 sugerem melhor ajuste aos modelos.

Tabela 7. Equações dos modelos estatísticos obtidos para o grau de branco e resistência.

Modelo	Equação	R^2
Grau de branco	$GB = 70,89 + 0,60A + 1,77B + 3,68C + 0,13AB + 0,18AC - 0,26BC$	0,9822
Resistência	$R = 126,97 + 3,47A - 17,78B + 19,47C - 11,53AB + 13,47AC + 3,97BC$	0,8574

Fonte: Autor (2018)

A fim de analisar o comportamento do tecido alvejado em relação ao grau de branco e a resistência, de acordo com as condições de concentração de NaOH, concentração de peróxido de hidrogênio e da temperatura, foram obtidos gráficos de superfície por meio do *software Design Expert 7.0*, a fim de analisar a superfície de resposta para ambas variáveis respostas.

É apresentado na Figura 4 o gráfico para ambas variáveis respostas relacionando a concentração de peróxido de hidrogênio e a concentração de hidróxido de sódio, considerando uma temperatura de 75 °C (temperatura média).

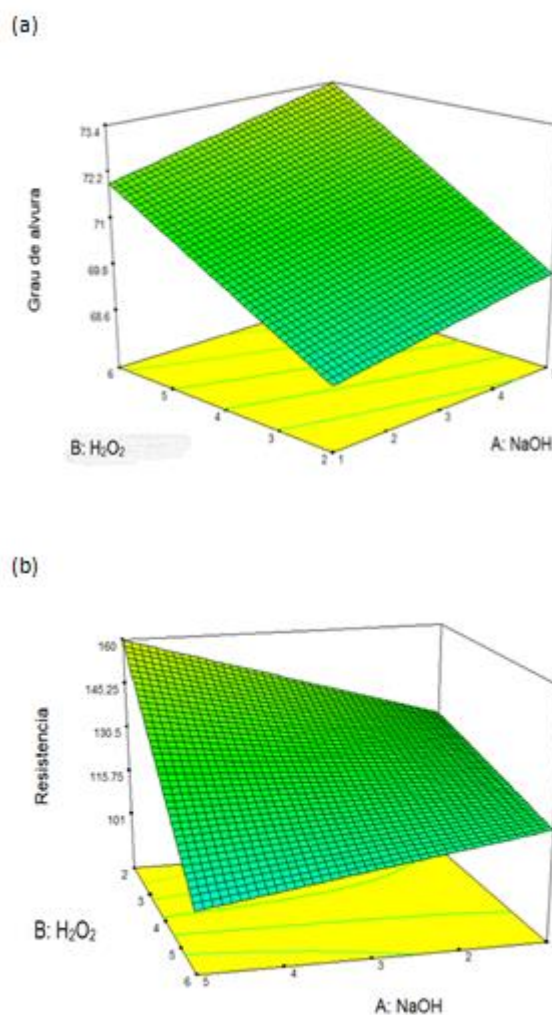


Figura 5: Gráfico da superfície de resposta para (a) Grau de alvura em função do H_2O_2 e NaOH; (b) Resistência em função do H_2O_2 e NaOH;

Fonte: Autor (2018).

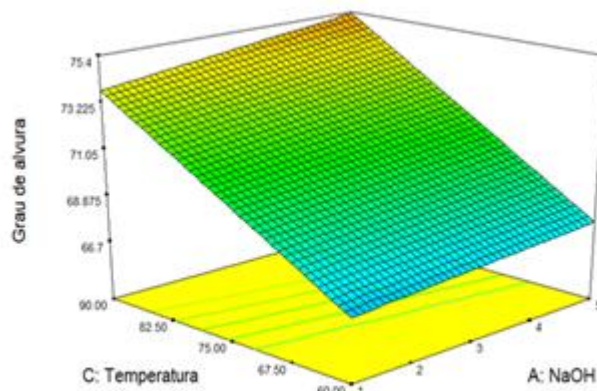
Ao analisar o gráfico 4(a) nota-se que com o aumento da concentração de peróxido de hidrogênio e de hidróxido de sódio houve um aumento do grau de alvura obtido, enquanto que ao ser analisado o gráfico 4(b) foi observado que com o aumento da concentração de NaOH e a diminuição da concentração de H_2O_2 houve uma menor perda da resistência.

Segundo Tomasino (1992), com o aumento do pH há uma rápida geração de íons peroxila que atuam como agente oxidante e podem gerar uma rápida decomposição do alvejante e um aumento na degradação da fibra. Assim, é esperado que com o aumento da quantidade de NaOH e aumento da concentração de H_2O_2 ocorra um aumento dos íons peroxila no banho de alvejamento, gerando uma rápida decomposição do alvejante, o que explica o maior valor de grau de branco.

No caso da resistência com a diminuição do peróxido de hidrogênio tem-se uma redução da quantidade de ions peroxila e, conseqüentemente, uma menor oxidação resultando em menor perda de resistência. Já em relação ao aumento da resistência com o aumento da concentração de hidróxido de sódio, acredita-se que neste caso ele pode estar agindo no algodão como no processo de mercerização do algodão, o que geraria uma reordenação molecular resultando em uma maior resistência. De acordo com Karkamar (1999), a mercerização, realizada com ou sem tensão, aumenta a uniformidade de força ao longo do comprimento da fibra, sendo que há um aumento da resistência à tração das fibras de algodão, eliminando os pontos mais fracos da mesma. No entanto, para confirmar este efeito seria necessária a utilização de técnicas de caracterização como, por exemplo, o DRX (Difratometria de Raios-X).

É apresentado na Figura 5 o gráfico para ambas variáveis respostas relacionando a concentração de hidróxido de sódio com a temperatura, considerando uma concentração de peróxido de hidrogênio de $4 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ (concentração média).

(a)



(b)

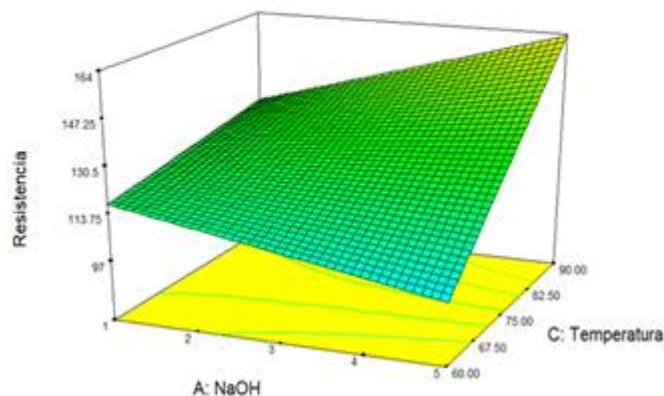


Figura 6: Gráfico da superfície de resposta para (a) Grau de alvura em função da Temperatura e NaOH; (b) Resistência em função da Temperatura e NaOH;

Fonte: Autor (2018).

Como pode ser observado na Figura 5(a) o maior grau de branco foi obtido utilizando uma maior temperatura e uma maior concentração de NaOH. Como discutido anteriormente, com o aumento do NaOH tem-se um aumento dos íons peroxila e, conseqüentemente, um aumento no grau de branco. Além disso, é esperado que com aumento da temperatura essa ação seja intensificada melhorando o resultado obtido.

Em relação à resistência, Figura 5(b), a maior resistência também é obtida quando se tem maior concentração de hidróxido de sódio e maior temperatura. Assim, como comentado anteriormente, o NaOH pode estar agindo da mesma forma que ocorre na mercerização do algodão, ocasionando uma reordenação da celulose e, desta forma, aumentando a resistência. Além disso, acredita-se que o aumento da temperatura pode estar intensificando esta ação e intensificando a melhora da resistência. Contudo para afirmar isto seria necessário a realização de caracterizações no tecido como o DRX (Difratometria de Raios-X) para avaliar a cristalinidade do algodão após o alvejamento ou também DSC

Na Figura 6 é apresentado o gráfico para ambas variáveis respostas relacionando a concentração de peróxido de hidrogênio com a temperatura, considerando uma concentração de hidróxido de sódio de $3 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ (concentração média).

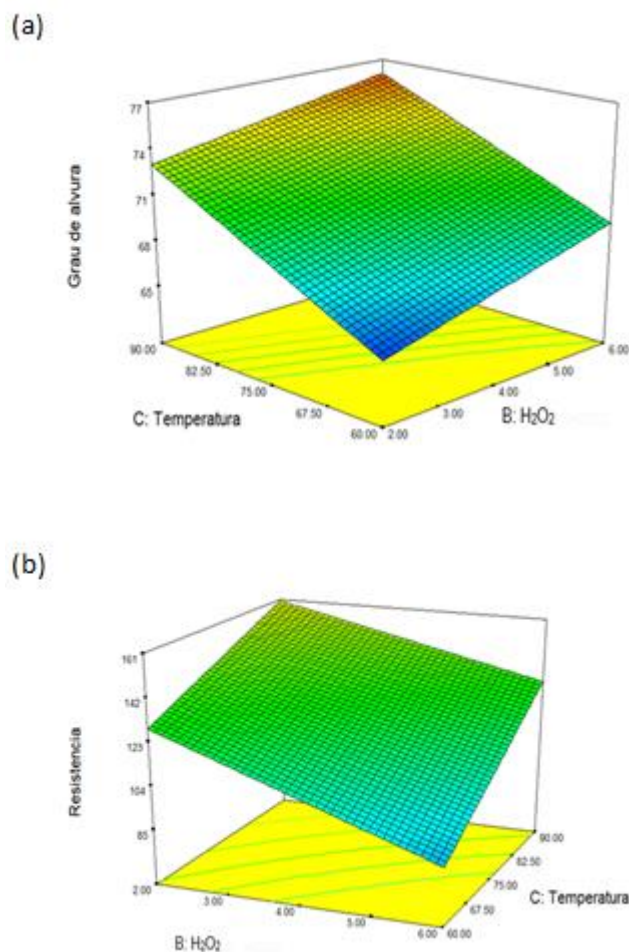


Figura 7: Gráfico da superfície de resposta para (a) Grau de alvura em função da Temperatura e H_2O_2 ; (b) Resistência em função da Temperatura e H_2O_2 ;
Fonte: Autor (2018).

Ao analisar a Figura 6 (a) observa-se que o maior grau de branco foi obtido quando se teve a maior temperatura e a maior concentração de H_2O_2 . Chong et. al. (2014) também observaram que com o aumento da temperatura e da concentração de peróxido de hidrogênio ocorre um aumento o grau de branco. De acordo com eles, em relação à temperatura, isso se dá devido o aumento da energia cinética das moléculas em altas temperaturas e, em relação ao peróxido de hidrogênio, com o aumento da concentração, as espécies mais ativas entram nas fibras e atacam o pigmento natural do algodão de forma eficaz.

Em relação à resistência observa-se que com o aumento da quantidade de H_2O_2 tem-se uma diminuição da resistência do tecido, o que era esperado conforme discutido na Tabela 3. Ao analisar a temperatura observa-se que com o aumento da mesma tem uma maior resistência, o que pode ocorrer devido a ação do NaOH nessa faixa de temperatura como discutido anteriormente.

A partir do planejamento experimental realizado para analisar a influência dos parâmetros de alvejamento no grau de branco e na resistência, foram obtidas as condições otimizadas para os planejamentos realizados a fim de obter a condição de alvejamento com o máximo grau de branco o a mínima perda de resistência, utilizando o *software Design-Expert 7.0*. O resultado obtido é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Concentrações obtidas para alcançar maior grau de branco e maior resistência.

NaOH (mL·L⁻¹)	H₂O₂ (mL·L⁻¹)	Temperatura (°C)	Grau de branco	Resistência Unidade (N)
5,00	2,00	90	73,712	188,717

Fonte: Autor (2018)

A partir da Tabela 8 é possível observar que para obter o maior grau de branco com uma melhor resistência poderia ser utilizada a maior concentração de hidróxido de sódio, a maior temperatura de processo e a menor concentração de peróxido de hidrogênio.

5 CONCLUSÃO

A partir deste estudo conclui-se que é essencial a realização de um bom processo de alvejamento, pois o mesmo é um importante processo pelo qual as fibras de algodão passam de modo a preparar o substrato têxtil para os tratamentos subsequentes como tingimento e estamparia, sendo que o controle das variáveis do processo se faz necessário para atingir um bom resultado.

A utilização do planejamento fatorial 2^3 mostrou-se eficiente na análise do processo de alvejamento. Para o grau de alvura a temperatura e o peróxido de hidrogênio foram as variáveis que apresentaram maior influência, e para a resistência as variáveis que apresentaram a maior influência foram a temperatura e o hidróxido de sódio.

Todas as variáveis analisadas se mostraram importantes no processo e nos resultados finais obtidos tanto para o grau de branco quanto para a resistência, cada uma agindo de maneira diferente da outra no substrato têxtil durante o processo.

Desta forma, por meio dos resultados obtidos conclui-se que o trabalho foi relativo, sendo assim, algumas sugestões são dadas para dar continuidade a este trabalho:

- Um estudo mais aprofundado sobre a ação do NaOH e da temperatura no processo.
- Realização do experimento sugerido pelo programa (Tabela 8), e análise dos resultados obtidos a partir do mesmo.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDUL, SB, NARENDRA. Accelerated Bleaching of Cotton Material with Hydrogen Peroxide. **Textile Science & Engineering**. Índia, Volume 1, 4, 2013.

ABIT – **Perfil do Setor**. Disponível em: www.abit.org.br. 2018, Acesso em 20/05/2019.

ABIT – **O Setor Têxtil e de Confecção e os Desafios da Sustentabilidade**. Disponível em: www.abit.org.br. 2017, Acesso em 15/04/2018.

ABINT – **Associação Brasileira das Indústrias de não Tecidos e Tecidos Técnicos**. 1991 - Disponível em: www.abint.com.br, Acesso em 21/04/2018

ABQCT – **Associação Brasileira de Químicos e Coloristas Têxteis**. Disponível em: http://www.abqct.com.br/artigos/tecnologia_textil_basica.pdf. Acessado em 10/04/2018.

AKGUN, M. Effect of fabric layers on whiteness and yellowness indices of some polyester fabrics woven with different constructional parameters. **AUTEX Research Journal**, v.1, p. 1-7, 2014.

ANNEPU, Ashish Kumar. **Preparatory Processes Subject – Dyeing and Printing**. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/37660996/Preperatory-Processes>, 2015. Acesso em 10/04/2018

CARVALHO, Vladimir Anderson Marinho de, Et Al. **Pesquisa da Influência do pH, Temperatura e Tempo no Alvejamento com Hipoclorito de Sódio**. Natal, Volume 1, 7, 2000.

CEGARRA, José. **Funndamentos y Tecnología del Blanque de Materias Textiles**. Universitat Politècnica de Catalunya, 1997.

CHONG, Yin. ET AL. **Low-Temperature bleaching of cotton fabric using a copper-based catalyst for hydrogen peroxide**. Colorated Tecnology, China, 2014.

FAROOQ, Assad, Et Al. Comparative Performance Evaluation of Conventional Bleaching and Enzymatic Bleaching with Glucose Oxidase on Knitted Cutton Fabric. **Journal of Cleaner Production**. Elsewier, Volume 42, 167-171, 2013.

FREIRE, Fátima de Souza, Et Al. **O Confronto Fibras Químicas x Algodão na Industria Têxtil Brasileira**. Disponível em: www.abqct.com.br, 1997. Acesso em: 05/05/2018.

FREITAS, Kátya Regina de. **Caracterização e Reuso de Efluentes do Processo de Beneficiamento da Indústria Têxtil**. Dissertação (Mestre em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

FUJITA, Renata Mayumi Lopes, Maria José Jorente. A Indústria Têxtil no Brasil: Perspectiva Histórica e Cultural. **Moda Palavra e-Periodico**. São Paulo, 2015.

KARMAKAR, S.R. **Chemical Technology in the Pre-Treatment Processes of Textiles**. Amsterdam. Editora Elsevier Science B.V. 1999.

LAVADO, Fidel Eduardo Lockuán. **La Industria Textil y suControl de Calidad**. 1ª Edição - Licencia Creative Commons Atribución – 2012.

NEEDLES, Howard L. **Textile Fibers, Dyes, Finishes, and Processes**. 1ª Edição. Califórnia Edited by Gordon, 1986.

SALEN, Vidal. **Tingimento Têxtil – Fibras, Conceitos e Tecnologias**. 1ª Edição. Editora Edgard Bücher, 2010.

SANTANA, WANDERLEY João Coelho Farias de, Maurício José Rivero. **Interpretação de Resultados de Análise de Fibras, Efetuadas pelo Instrumento de Alto Volume (HV1) e pelo Finurimetro-Maturimetro (FMT2)**. Disponível em: www.embrapa.br, 1995. Acesso em 01/04/2018.

SENAI, Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial. **Manual Técnico: Têxtil e Vestuário**. 1ª Edição. São Paulo – Editora SENAI, 2014.

SENAI, Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial. **Beneficiamento Têxtil**. 1ª Edição. São Paulo – Editora SENAI, 2015.

SENAI, Sistema Nacional de Aprendizagem Industrial. **Processos Produtivos Têxteis**. 1ª Edição. São Paulo – Editora SENAI, 2016.

TOMASINO, Charles. **Chemistry & Technology of Fabric Preparation & Finishing**. Editora Copyright, Washington DC. 1992.

VALLDEPERAS, Josep. **Blancura Y Evaluación del Color Blanco**. Barcelona, 2005.

ZARUBICA, A. R.; ET. AL. Colour parameters, whiteness índices and physical features of marking paints for horizontal signalization. **Facta Universitatis**, v. 3, p. 205-216, 2005.