

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ALICE PEREIRA GALVÃO

**PREVISÃO DA RESISTÊNCIA À FADIGA DE VERGALHÕES UTILIZANDO AS
CURVAS S-N: ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO E DO PROCESSO DE
FABRICAÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PATO BRANCO
2018**

ALICE PEREIRA GALVÃO

**PREVISÃO DA RESISTÊNCIA À FADIGA DE VERGALHÕES UTILIZANDO AS
CURVAS S-N: ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO E DO PROCESSO DE
FABRICAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^a Dr^a Marina Rocha Pinto Portela Nunes

PATO BRANCO

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

PREVISÃO DA RESISTÊNCIA À FADIGA DE VERGALHÕES UTILIZANDO AS CURVAS S-N: ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO E DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO

ALICE PEREIRA GALVÃO

No dia 21 de novembro de 2018, às 08h15min, na SALA DE TREINAMENTO da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº49-TCC/2018.

Orientador: Prof^a. Dr^a. MARINA ROCHA P.P.NUNES (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof^a. Esp. ANA CLÁUDIA DAL PRA VASATA (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof^a. Dr^a. PAÔLA REGINA DALCANAL (DACOC/UTFPR-PB)

Ao meu querido e amado irmão,
Ernane Galvão.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiro a Deus por ter me dado saúde durante todo esse percurso e, colocado em minha vida, pessoas de bom coração que foram essenciais para que eu conseguisse findar essa etapa.

Também agradeço aos meus pais por todo apoio e carinho que me deram e por estarem sempre preocupados comigo apesar de toda a distância.

Gostaria de agradecer à minha professora orientadora e amiga Marina Rocha por todo apoio emocional, amizade e paciência durante o trabalho, sempre disponível a todo momento que precisei, me motivando a não desistir e me inspirando a dar o melhor de mim sempre.

Aos amigos que fiz durante essa caminhada, em especial a Leticia Lima, que estiveram presentes nos momentos de alegrias e tristezas, compartilhando experiências das quais não esquecerei.

Por fim, à professora Heloiza Benetti, que foi precursora a me fazer gostar da linha de pesquisa estudada nesse trabalho e principalmente, por todos os conselhos e demonstrativos de amizade nesses últimos anos.

RESUMO

GALVÃO, Alice P. **Previsão da vida à fadiga de vergalhões utilizando as curvas S-N: estudo da influência do diâmetro e do processo de fabricação.** 114 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

Antes do efeito de fadiga se tornar um objeto de estudo nas normas brasileiras, já existiam estruturas como pontes, solicitadas por esse efeito. Os vergalhões usados na construção das pontes, ao serem solicitados por fadiga, podem acabar se rompendo internamente e causando um colapso da estrutura sem aviso prévio. Para prevenir esse macro efeito, se faz necessário entender o comportamento da fadiga em sua forma mais simples: os agentes que irão influenciar na resistência à fadiga do vergalhão usado na ponte. Nesse trabalho, será feita a previsão da vida a fadiga estudando a influência do diâmetro e do processo de fabricação. Para isso, foram construídas curvas S-N com base em dados coletados na bibliografia e comparados seus resultados entre si e entre as normas brasileiras e europeias. Os vergalhões que possuíam diâmetro menor ou igual a 16mm, obtiveram resistência à fadiga superior a vergalhões com diâmetro acima de 16 mm. Os vergalhões temperados e revenidos obtiveram suas resistências à fadiga, superiores às dos demais processos de fabricação. As barras laminadas a quente e temperadas a frio, apesar de apresentarem a mesma microestrutura, obtiveram resistências diferentes que podem ser atribuídas ao teor de carbono nos vergalhões utilizados como dados.

Palavras-chave: fadiga, vergalhões, curva S-N, diâmetro, processo de fabricação

ABSTRACT

GALVÃO, Alice P. **Fatigue life prediction of steel reinforcement bars using S-N curves: study of the influence of diameter and manufacturing process.** 114 pages. Completion of course work - Bachelor of Civil Engineering – Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2018.

Before the fatigue effect became an object of study in the Brazilian norms, there were already structures such as bridges requested by this effect. The rebars used in the construction of the bridges, when requested by fatigue, can end up breaking internally and causing a collapse of the structure without prior notice. To prevent this macro effect, it is necessary to understand the behavior of fatigue in its simplest form: the agents that will influence the fatigue resistance of the rebar used in the bridge. In this work, fatigue life will be predicted by studying the influence of the diameter and the manufacturing process. For this, S-N curves were constructed based on data collected in the bibliography and compared their results among themselves and between Brazilian and European standards. Rebar that had a diameter of less than or equal to 16mm, obtained resistance to fatigue superior to rebar with diameter above 16mm. Tempered and tempered rebars obtained their resistance to fatigue, superior to those of other manufacturing processes. The hot-rolled and cold-worked bars, although having the same microstructure, obtained different strengths that can be attributed to the carbon content in the rebar used as data.

Keywords: fatigue, rebar, S-N curve, diameter, manufacturing process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplificação do processo de falha por fadiga.	18
Figura 2: Curva S-N padrão para vergalhões.	19
Figura 3: Exemplificação de teste axial aplicado em vergalhão.	20
Figura 4: Exemplificação de teste a flexão.	21
Figura 5: Exemplificação de tensão cíclica com amplitude constante.	22
Figura 6: Gráfico tensão x deformação de vergalhões laminados a quente e trabalhados a frio.	24
Figura 7: Esquema de produção de vergalhões laminados a quente.	24
Figura 8: Exemplificação Processo de temperamento e revenimento.	25
Figura 9: (a) Seção transversal de um vergalhão obtido pelo processo de temperamento e revenimento,(b) Microestrutura da martensita temperada - TM, (c) Zona de transição entre martensita e ferrita com perlita - TZ,(d) Microestrutura de ferrita com Perlita- FP.	26
Figura 10: Exemplificação do limite de fadiga.	29
Figura 11: Distância (d) usada no Método dos Mínimos Quadrados para regressão linear.	30
Figura 12: Curva S-N padrão da ABNT 2014.	32
Figura 13: Diagrama da metodologia.	36
Figura 14: Representação da linha média e limites de confiabilidade para vergalhões laminados a quente, trabalhados a frio e temperados e revenidos com diâmetro ≤ 16 mm.	40
Figura 15: Curvas S-N para vergalhões de diâmetros menor ou igual a 16 mm e maior que 16 mm.	42
Figura 16: Curva S-N obtida a partir de dados experimentais e curvas S-N fornecidas nas NBR 6118/2014 e <i>Model Code</i> 2010 para vergalhões com diâmetros ≤ 16 mm.	43
Figura 17: Curva S-N obtida a partir de dados experimentais e curvas S-N fornecidas nas NBR 6118/2014 e <i>Model Code</i> 2010 para vergalhões com diâmetros >16 mm.	44
Figura 18: Curvas S-N para vergalhões laminados a quente, trabalhados a frio e temperados e revenidos para diâmetro ≤ 16 mm.	46

Figura 19: Curvas S-N para vergalhões laminados a quente, trabalhados a frio e temperados e revenidos para diâmetro >16 mm.....	47
Figura 20: Comparação curvas S-N para vergalhões laminados a quente e fornecidas pela NBR 6118/2014 e <i>Model Code</i> 2010 para diâmetros ≤ 16 mm.	49
Figura 21: Comparação curvas S-N calculada para vergalhões laminados a quente e fornecidas pela NBR 6118/2014 e <i>Model Code</i> 2010 de diâmetros >16 mm.....	50
Figura 22: Comparação curva S-N calculada para vergalhões temperados e revenidos e fornecida pela NBR 6118/2014 e <i>Model Code</i> 2010 de diâmetros ≤ 16 mm.....	51
Figura 23: Comparação curva S-N calculada para vergalhões temperados e revenidos e fornecida pela NBR 6118/2014 e <i>Model Code</i> 2010 para diâmetros >16 mm.	52
Figura 24: Comparação curva S-N calculada para vergalhões trabalhados a frio e fornecida pela NBR 6118/2014 e <i>Model Code</i> 2010 para diâmetros ≤ 16 mm.....	53
Figura 25: Comparação curva S-N calculada para vergalhões trabalhados a frio e fornecida pela NBR 6118/2014 e <i>Model Code</i> 2010 para diâmetros > 16 mm.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação de resistência à fadiga e diâmetro dos vergalhões segundo a ABNT 2014	33
Tabela 2: Relação de Resistência à fadiga e diâmetro dos vergalhões segundo a FIB 2011	33
Tabela 3: Referências da bibliografia utilizadas para construção das curvas S-N....	38
Tabela 4: Dados das referências da bibliografia.....	38
Tabela 5: Dados de resistência, número de ciclos e inclinações do <i>Model Code</i> 2010 e NBR 6118/2014.....	40

LISTA DE SÍMBOLOS

σ_{\min} – Tensão Mínima

σ_{\max} - Tensão Máxima

$\Delta\sigma$ – Variação entre tensão máxima e mínima

σ_a – Amplitude de tensões

σ_m – Tensão Média

R – Razão das Tensões

Fy – Tensão de escoamento

Fu – Tensão última

N – Número de ciclos

f – Frequência

$\Delta f_{sd,fad}$ – Variação de resistência de cálculo para fadiga

k_1 – Coeficiente angular para formato da reta 1 das curvas S-N da NBR 6118/2014 e Model Code 2010

k_1 – Coeficiente angular para formato da reta 2 das curvas S-N da NBR 6118/2014 e Model Code 2010

t – Parâmetro t-Student.

$\hat{\sigma}$ – Erro Padrão

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS.....	15
1.1.1	Objetivo Geral.....	15
1.1.2	Objetivos Específicos.....	15
1.2	JUSTIFICATIVA.....	15
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	FADIGA.....	18
2.1.1	Curvas S-N	19
2.1.2	Tipos de Teste	19
2.1.3	Parâmetros que influenciam a resistência à fadiga.....	21
2.1.3.1	Variação de Tensões	22
2.1.3.2	Processo de Fabricação	23
	2.1.3.2.1 Microestrutura da barra	25
	2.1.3.2.2 Tamanho dos grãos	27
	2.1.3.2.3 Inclusões.....	27
2.1.3.3	Diâmetro da Barra.....	28
2.1.4	Limite de Fadiga.....	28
2.2	REGRESSÃO LINEAR	29
2.2.1	Método dos mínimos quadrados.....	29
2.2.2	Teste t-Student	31
2.3	NORMATIVAS	31
2.3.1	ABNT 2014	31
2.3.2	FIB 2011	33
3.	METODOLOGIA	35
4.	RESULTADO E DISCUSSÕES	37
4.1	CONSTRUÇÃO DE CURVAS S-N.....	37
4.1.1	Influência do diâmetro.....	41
4.1.1.1	Comparação com a NBR 6118/2014 e <i>Model Code</i> 2010	42
	4.1.1.1.1 Diâmetros menor ou igual a 16 mm	43
	4.1.1.1.2 Diâmetros maior que 16 mm	44

4.1.2	Influência do processo de fabricação.....	45
4.1.2.1	Comparação com a NBR 6118/2014 e <i>Model Code</i> 2010	48
4.1.2.1.1	Laminados a quente.....	48
4.1.2.1.2	Temperados e Revenidos	50
4.1.2.1.3	Trabalhada a frio	52
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
	REFERÊNCIAS.....	58

1. INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial, no século XIX, impulsionou a construção de estruturas civis, em especial pontes metálicas em aço e pontes em concreto armado. Essas estruturas, durante a passagem de veículos, sofrem uma variação cíclica de tensões que se acumulam no decorrer do tempo, conhecida por fadiga. Esta pode ocasionar uma ruptura sem aviso prévio do elemento estrutural e a tensões inferiores à tensão de escoamento do material.

No caso de pontes em concreto armado, os vergalhões são os elementos determinantes na resistência à fadiga. Essa resistência é comumente expressa por meio das curvas S-N (*Stress - Number of cycles*), também conhecidas como curvas de Wöhler, e que relacionam a variação da tensão ao número de ciclos para que ocorra a falha. As curvas S-N fornecidas em norma são obtidas a partir de ensaios em laboratório e utilizadas no dimensionamento de novas estruturas, assim como na previsão da vida restante à fadiga das estruturas existentes.

Segundo Macgregor, Jhamb e Nuttal (1971), Zheng e Abel (1999) e Rocha, Bruehwiler e Nussbaumer (2015), a resistência à fadiga dos vergalhões pode ser influenciada por fatores como magnitude da variação das tensões, diâmetro, tipo de processo de fabricação, imperfeições e geometria da superfície como a rugosidade, as nervuras e as marcas dos fabricantes. Neste trabalho serão analisados, principalmente, a influência do diâmetro e do processo de fabricação dos vergalhões retos no comportamento das curvas S-N. Esses vergalhões, presentes no tabuleiro das pontes, tendem a ser os elementos mais solicitados à fadiga.

De acordo com Tilly (1979) e Zheng e Abel (1999), o aumento do diâmetro tende a reduzir a resistência à fadiga do vergalhão. As normas para dimensionamento de estruturas de concreto armado levam em consideração este parâmetro na previsão da vida à fadiga. É recomendado a utilização de curvas S-N específicas para determinados intervalos de diâmetro.

A FIB - *Fédération Internationale du Béton* (2011) afirma que pode haver uma influência na redução da resistência do aço dependendo do processo de fabricação ao qual é submetido. Essa condição é também verificada por Rocha, Bruehwiler e Nussbaumer (2015). Entretanto, nenhuma norma fornece curvas S-N específicas para

processos de fabricação distintos; apenas o efeito do diâmetro e de solda é considerado.

O referente estudo tem seu foco principal em analisar a influência do diâmetro e do processo de fabricação na resistência à fadiga dos vergalhões retos. Para isso, será inicialmente realizada uma revisão da bibliografia buscando-se coletar dados de resultados de testes de fadiga. Posteriormente, serão construídas as curvas S-N e analisada a influência do diâmetro e do processo de fabricação. Essas curvas também serão comparadas aos das normas vigentes.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a influência do diâmetro e do processo de fabricação na resistência à fadiga dos vergalhões retos por meio das curvas S-N.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Coletar dados de resultados de testes de fadiga disponíveis na literatura;
- Obter as curvas S-N, a partir dos dados coletados, utilizando regressão linear;
- Comparar os resultados das curvas S-N para diâmetros e processos de fabricação diferentes;
- Comparar os resultados das curvas S-N às diretrizes normativas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo Dantas (2010), a fadiga no Brasil começou a ser citada em norma a partir da EB3 (1967) - "Barras e fios destinados a armaduras de concreto armado". Entretanto, esta normativa não tratava do dimensionamento à fadiga dos elementos estruturais.

Algumas pontes no Brasil, ainda em funcionamento, foram construídas antes da década de 70 e, portanto, não projetadas para fadiga. Como exemplo pode-se citar

a ponte Maurício de Nassau, inaugurada em 1917 no Recife, a ponte Presidente Feliciano Sodré, construída em 1926 em Cabo Frio, a ponte Internacional da Amizade, inaugurada em 1965 em Foz do Iguaçu, entre outras.

A ABNT NBR 6118 (2014) – “Projeto de estruturas de concreto – Procedimento”, fornece expressões para o dimensionamento à fadiga dos vergalhões. Ainda, referencia as normas ABNT NBR 7478 (1982) - “Método de ensaio de fadiga de barras de aço para concreto armado” e ABNT NBR 7480 (2007) – “Aço destinado a armadura para estrutura de concreto armado – especificações” com recomendações para a realização dos ensaios de fadiga. Esses ensaios não são obrigatórios, sendo raramente realizados pelas empresas brasileiras.

Devido à escassez de resultados de ensaios de fadiga presentes na literatura para vergalhões produzidos no Brasil, e a inusual prática desses ensaios pelas empresas, é provável que as curvas S-N expressas na ABNT (2014) sejam obtidas a partir de resultados de testes com vergalhões que são fabricados em outros países; as inclinações das curvas e relação entre tensão de resistência e número de ciclos das curvas S-N fornecidas pela ABNT (2014) são semelhantes às encontradas na normativa da FIB (2011). Ambas as normas também levam em consideração apenas o efeito do diâmetro para vergalhões retos na resistência à fadiga, com intervalos de diâmetro e os respectivos valores de tensão resistente muito semelhantes.

De acordo com Zheng e Abel (1999) e Rocha, Bruehwiler e Nussbaumer (2015), além do diâmetro dos vergalhões, o processo de fabricação também pode influenciar na resistência à fadiga desses elementos. Durante o processo de fabricação, os vergalhões podem ser laminados à quente, e em alguns casos, serem posteriormente trabalhados a frio ou temperados e revenidos. Neste último, conhecido como *Thermex* ou *Tempcore*, os vergalhões passam por um resfriamento brusco com jatos d’água (têmpera) levando à formação de uma microestrutura denominada martensita nas camadas mais externas da seção transversal. Essa microestrutura, característica deste processo, tende a melhorar as propriedades mecânicas dos vergalhões comparada aos demais.

FIB (2011) afirma que o tipo de processo de fabricação pode influenciar na resistência à fadiga; contudo, esta norma assim como a ABNT (2014) não traz detalhes de como o processo de fabricação altera essa resistência e não o considera nas análises de previsão da vida à fadiga dos vergalhões.

O presente trabalho visa, portanto, investigar a influência do diâmetro e do processo de fabricação na resistência à fadiga dos vergalhões, por meio das curvas S-N, e compará-las às recomendadas nas normas.

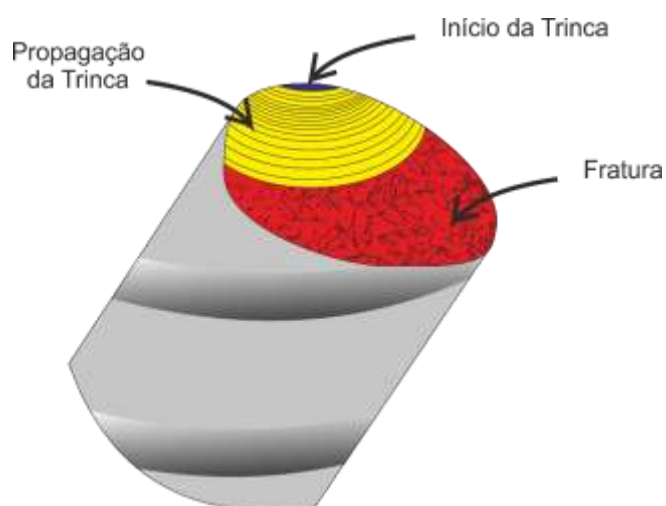
2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FADIGA

Meyers e Chawla (1998) define fadiga como uma degradação das propriedades mecânicas podendo levar a uma falha repentina do componente estrutural sob carregamento cíclico. A ruptura por fadiga ocorre ainda a valores de tensão inferiores à tensão de escoamento do material (Cervo, 2004).

Salah el Din e Lovegrove (1982) afirmam que a vida a fadiga de um determinado elemento estrutural é a soma dos tempos de iniciação e propagação de uma trinca. *Atlas of Fatigue Curves* (1986) subdivide o processo de fadiga em três fases: 1) dano inicial, em geral na superfície do componente, levando ao início da trinca; 2) propagação estável da trinca até que a seção transversal do componente não seja capaz de suportar a carga aplicada; 3) propagação instável e fratura. A Figura 1 mostra as regiões de iniciação, propagação e a área de fratura.

Figura 1: Exemplificação do processo de falha por fadiga.



Fonte: Adaptado de Meyers e Chawla (1998).

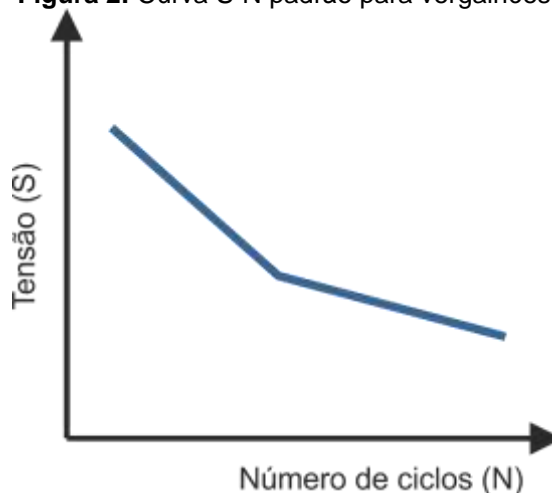
A determinação da resistência à fadiga de um elemento estrutural se dá através das chamadas Curvas S-N.

2.1.1 Curvas S-N

A resistência de um componente sujeito à fadiga é convencionalmente descrita pelas curvas S-N, onde S (ou σ) é a tensão e N é o número de ciclos até a falha. Essas curvas são frequentemente chamadas de curva de Wöhler em homenagem ao engenheiro alemão August Wöhler que, em 1860, realizou inúmeros ensaios de fadiga em laboratório para prever a vida à fadiga de eixos ferroviários. Os ensaios realizados por Wöhler foram considerados como os primeiros ensaios de fadiga sistemáticos (Meyers e Chawla,1998).

A Figura 2 apresenta uma curva S-N padrão para componentes metálicos fornecida pela ABNT (2014).

Figura 2: Curva S-N padrão para vergalhões.



Fonte: Adaptado de ABNT (2014).

Tais curvas são frequentemente obtidas a partir de testes laboratoriais, axiais e de flexão, que irão aplicar cargas cíclicas na amostra.

2.1.2 Tipos de Teste

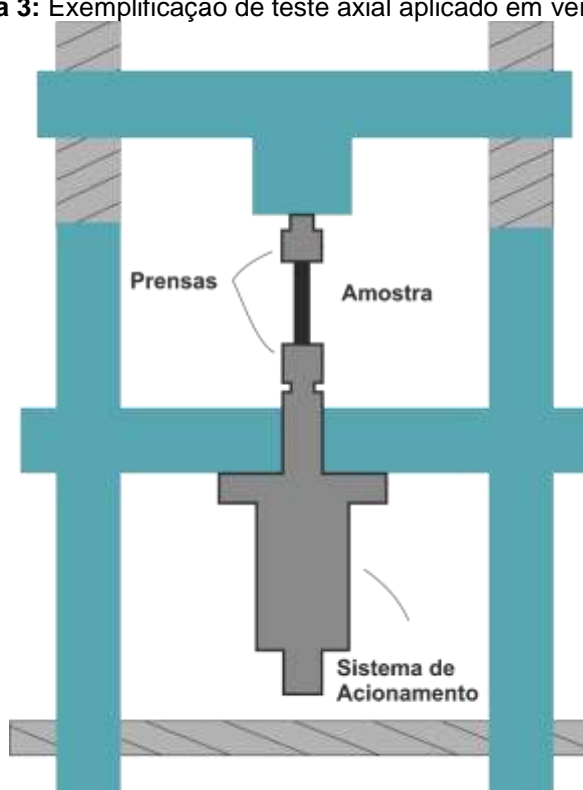
Há dois tipos de testes laboratoriais para simular as cargas cíclicas e se obter a curva S-N de um vergalhão: teste axial e teste de flexão de três ou quatro pontos.

O teste axial, representado na Figura 3, consistem em fixar uma barra isolada no equipamento e aplicar cargas cíclicas axiais. Tilly (1979) afirma que a grande

desvantagem desse teste é a dificuldade de se reproduzir a ruptura por fadiga em si, no comprimento livre (entre as prensas) do vergalhão. Isso porque as prensas exercem uma pressão nas extremidades do vergalhão para fixá-lo ao equipamento podendo causar ruptura nessas regiões que não caracterizam uma falha por fadiga.

Para Kopas et al (2016), a principal vantagem de testes axiais é a possibilidade de executá-los a frequências até 150 Hz para materiais metálicos, tornando-os economicamente mais viáveis e rápidos que testes onde a frequência é limitada a valores bem inferiores.

Figura 3: Exemplificação de teste axial aplicado em vergalhão.



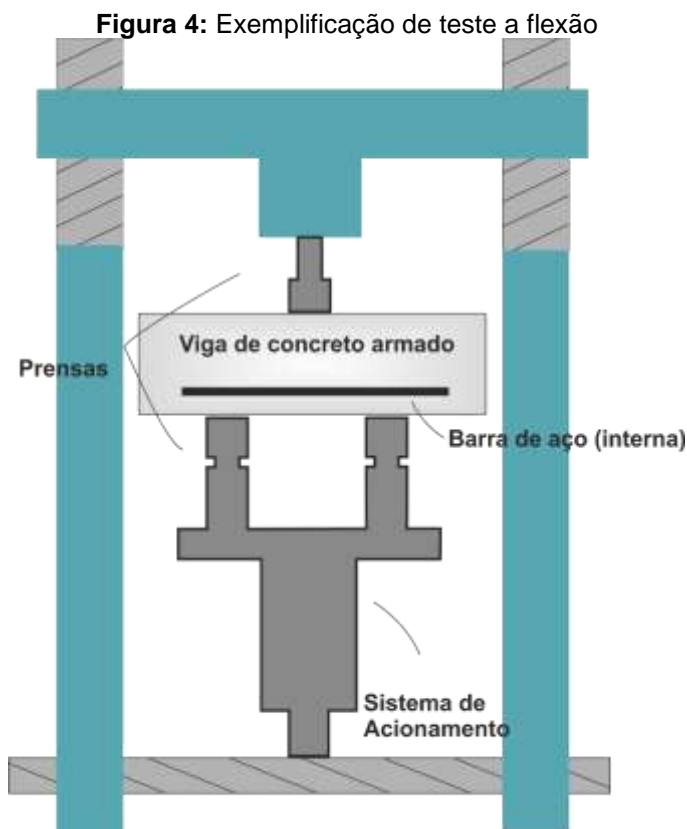
Fonte: Adaptado de *Atlas of Fatigue Curves* (1986)

Segundo Kopas et al (2016), o teste de flexão a três ou quatro pontos consiste em aplicar uma tensão cíclica em uma viga de concreto armado com apenas um vergalhão. A viga é apoiada em suas extremidades e a carga aplicada em seu vão. Nesse teste é difícil definir com precisão o valor das tensões pois é desconhecida a parcela absorvida pelo concreto e pelo vergalhão.

Ainda, como esses testes são limitados a frequências em torno de 3-5 Hz, demandam mais tempo que a um mesmo número de ciclos em testes axiais e são

mais caros. A ABNT NBR 7478 (1982) recomenda que as frequências dos testes variem de 4.16 a 5.83 Hz.

Uma exemplificação da configuração do teste à flexão está demonstrada na Figura 4.



Fonte: Autoria Própria.

Em ambos os testes descritos acima, é necessário que se conheça alguns parâmetros fundamentais. Tais parâmetros influenciam nos resultados dos testes e conseqüentemente, na curva S-N.

2.1.3 Parâmetros que influenciam a resistência à fadiga

Narayanaswamy et al (1977) considera que muitos fatores influenciam na resistência à fadiga de um vergalhão, como a sua composição química, microestrutura, imperfeições superficiais, propriedades mecânicas, tensões aplicadas, geometria das nervuras, soldagem, entre outras. Nesse trabalho são estudados o diâmetro e o processo de fabricação.

2.1.3.1 Variação de Tensões

A fadiga ocorre devido a tensões cíclicas atuando num determinado elemento. Stephens et al. (1980) verifica que, em geral, tensões de tração são prejudiciais ao elemento pois tendem a abrir trincas existentes enquanto tensões de compressão são benéficas por terem um efeito contrário.

Os testes de fadiga com vergalhões são frequentemente realizados a tensões com amplitude constante. Bannantine, Comer e Handrock (1990) define variação de tensão ($\Delta\sigma$), amplitude (σ_a), tensão média (σ_m) e razão de tensões (R) conforme fornecido nas equações (1), (2), (3) e (4), respectivamente. Esses parâmetros podem ser visualizados na Figura 5.

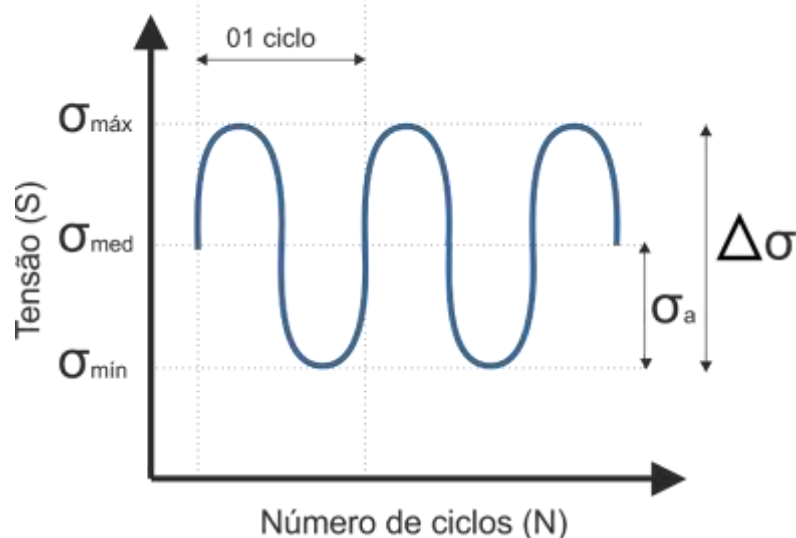
$$\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min} \quad (1)$$

$$\sigma_a = \frac{(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})}{2} \quad (2)$$

$$\sigma_m = \frac{(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})}{2} \quad (3)$$

$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \quad (4)$$

Figura 5: Exemplificação de tensão cíclica com amplitude constante.



Fonte: Adaptado de Narayanaswamy et al (1977)

Cada vez em que o material é submetido à uma tensão mínima e à uma tensão máxima e retorna à tensão submetida inicialmente, considera-se que ele foi submetido a um ciclo de fadiga.

2.1.3.2 Processo de Fabricação

Existem três tipos de processos de fabricação de vergalhões: laminados a quente, trabalhados a frio e temperados e revenidos. Os vergalhões são obtidos dos chamados tarugos. Estes resultam da queima de materiais como sucata, gusa e ligas.

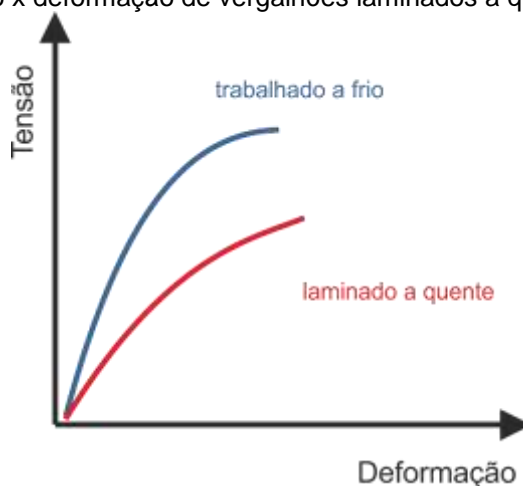
No processo laminação a quente, os tarugos são submetidos a uma temperatura entre 1000 e 1200 °C, em seguida são conformados através de rolos mecânicos ou discos de laminação, até a obtenção do perfil, bitola e dimensão desejada. Os produtos finais da laminação a quente são: barras retas (feixes) ou rolos (bobinas), com a superfície nervurada ou lisa. (ARCELLOR MITTAL, 2018).

Segundo Illston e Domone (2002), a temperatura dos tarugos no processo de laminação a quente deve estar acima da temperatura de recristalização, onde o nível de plasticidade é muito elevado, para evitar que as tensões de compressão aplicadas pelos rolos mecânicos quebrem o material.

A elevação da temperatura permite uma melhor ductilidade do material, contudo, ela irá diminuir a tensão de escoamento. Por conta disso, há um outro processo de fabricação que irá aumentar essa tensão de escoamento. Esse processo de fabricação é chamado trabalhado a frio. Ainda segundo Illston e Domone (2002), no processo trabalhado a frio, os tarugos, em temperatura abaixo da temperatura de recristalização, são conformados nos rolos mecânicos. Isso faz com que a tensão de escoamento de vergalhões trabalhados a frio seja maior que a dos vergalhões laminados a quente.

Em ambos os processos o vergalhão formado é deixado resfriar ao ar livre até alcançar a temperatura ambiente. A Figura 6 mostra um gráfico tensão x deformação dos vergalhões laminados a quente e trabalhados a frio.

Figura 6: Gráfico tensão x deformação de vergalhões laminados a quente e trabalhados a frio.



Fonte: Autoria Própria

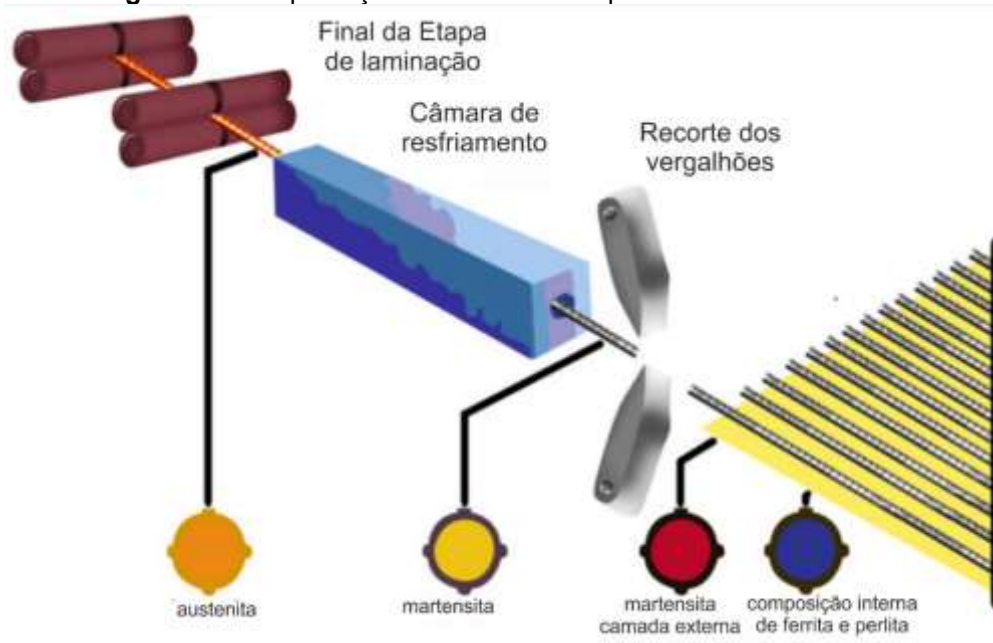
A Figura 7 mostra resumidamente o processo de produção dos vergalhões laminados a quente e trabalhados a frio. Para os vergalhões temperados e revenidos é adicionada uma última etapa de resfriamento rápido.

Figura 7: Esquema de produção de vergalhões laminados a quente.



Fonte: Adaptado de TATA TISCON (2018)

Um outro processo de fabricação é o de temperamento e revenimento conhecido como *Thermex* ou *Tempcore*. Segundo Rocha, Bruehwiler e Nussbaumer, (2016), este processo tende a melhorar a resistência mecânica e a tenacidade em relação aos demais processos de fabricação devido a microestrutura formada, que será explicada melhor no tópico a seguir. Esse processo segue o padrão da laminação a quente, contudo, seu resfriamento é rápido utilizando jatos de água. A Figura 8 mostra o processo de resfriamento brusco nos vergalhões que já passaram pelo processo de laminação.

Figura 8: Exemplificação Processo de temperamento e revenimento

Fonte: Adaptado de kharewali steel (2018)

2.1.3.2.1 Microestrutura da barra

O aço é uma liga de ferro e carbono. O ferro é encontrado em toda crosta terrestre, fortemente associado ao oxigênio e à sílica. O carbono é também relativamente abundante na natureza e pode ser encontrado sob diversas formas (FELÍCIO, 2012).

A microestrutura de um material compreende as características físicas que podem ser observadas apenas pelo microscópio. Ela depende da composição química e dos tratamentos térmicos e mecânicos aos quais o material foi submetido.

A microestrutura final do vergalhão tem início em um processo chamado austenitização. Esse processo consiste em elevar a matéria prima do aço a temperatura acima da considerada temperatura crítica ou temperatura de austenitização. O material, submetido por um determinado período de tempo nessa temperatura, desenvolve uma microestrutura chamada austenita, que é a base para vários tratamentos térmicos. (JUNG TECNOLOGIA PARA TRATAMENTOS TÉRMICOS, 2018). O material formado nesse tratamento inicial é denominado tarugos. Os processos de laminação a quente, trabalho a frio e temperamento e revenimento iniciam-se a partir daqui, originando outras microestruturas.

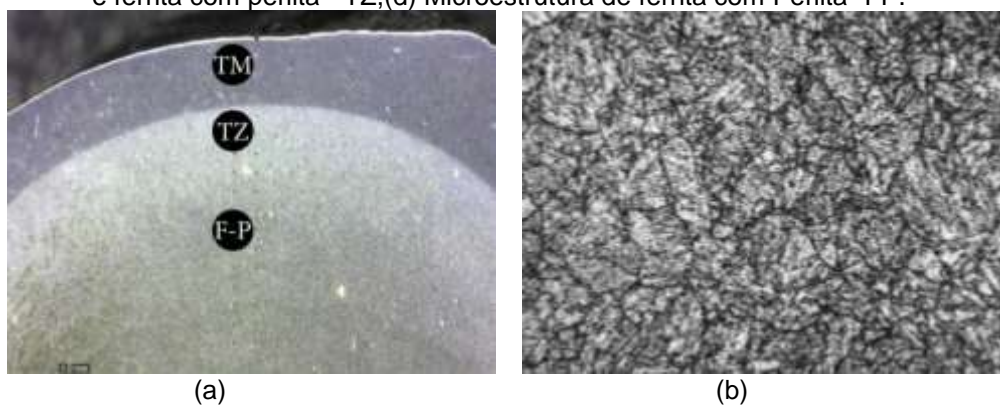
Gerdau (2018) explica que para o processo de laminação, os tarugos são reaquescidos, têm seu diâmetro reduzido e então, laminados em vergalhões, barras, perfis e fio-máquina. Esses produtos são, então, resfriados. Esse processo gera uma microestrutura no vergalhão composta por duas microestruturas presentes nos aços, perlita e ferrita. Tilly (1979) comparando resultados dos efeitos de fadiga em vergalhões laminados a quente e trabalhados a frio, mostra que eles são similares. Isso pode ser justificado devido ambas possuírem a mesma microestrutura.

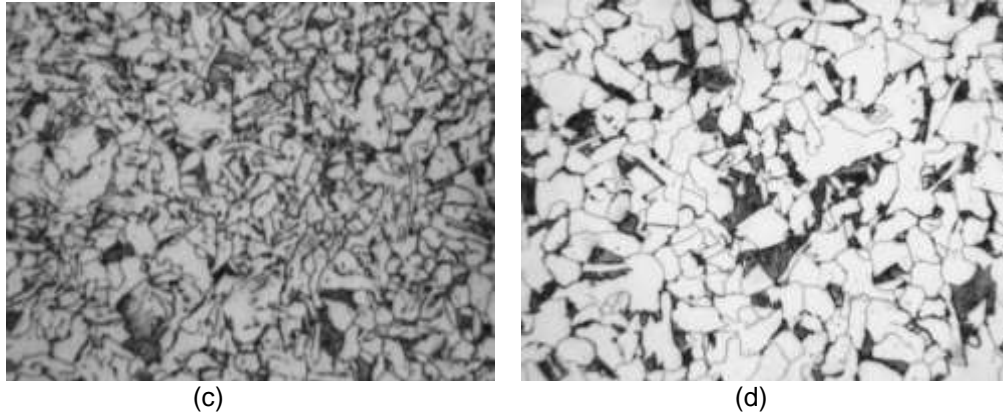
Um outro padrão microestrutural pode ser obtido nos vergalhões a partir do terceiro processo de fabricação citado anteriormente. Segundo Rocha (2014), no processo de temperamento e revenimento, os aços laminados a quente são temperados com jatos de água que geram um resfriamento intenso na superfície. Tal resfriamento ocorre de forma rápida e forma uma microestrutura chamada martensita na superfície da barra.

Meyers e Chawla (1998) mostra que vergalhões cujo processo de fabricação é o de temperamento e revenimento, apresentam combinações notáveis de alta resistência e tenacidade. Tata Tiscon (2018) afirma que vergalhões temperados e revenidos possuem uma estrutura final ótima, pois, apresentam uma camada externa forte (martensita) e um núcleo dúctil (ferrita-perlita), o que resulta em vergalhões com uma maior resistência e boa ductilidade.

Na Figura 9 é possível observar ambas microestruturas. Estas são visualizadas microscopicamente em formatos de grãos. O tamanho desses grãos também é uma variável que influencia na resistência à fadiga.

Figura 9:(a) Seção transversal de um vergalhão obtido pelo processo de temperamento e revenimento,(b) Microestrutura da martensita temperada - TM, (c) Zona de transição entre martensita e ferrita com perlita - TZ,(d) Microestrutura de ferrita com Perlita- FP.





Fonte: Rocha, Bruehwiler e Nussbaumer (2016)

2.1.3.2.2 Tamanho dos grãos

As propriedades mecânicas dos metais e ligas, particularmente o limite de escoamento e a dureza, dependem marcadamente do tamanho médio de grão. Os contornos dos grãos agem como barreiras efetivas ao movimento das deslocções, aumentando desta forma a resistência e o limite de escoamento. (SILVA, 2007).

Atlas of Fatigue Curves (1986) diz que amostras com tamanho de grão menor apresentam resistência à tração mais elevada do que as amostras com tamanho de grãos maiores.

Stephens et al. (1980, p.79) afirma que uma microestrutura formada por grãos menores, tem uma maior resistência à fadiga pois apresentam maior quantidade de contornos de grãos que irão ajudar na interrupção e deflexão da trinca, reduzindo assim as taxas de crescimento de trincas por fadiga.

Portanto, conhecer o tamanho médio dos grãos pode gerar uma avaliação de resistência à fadiga mais realista.

2.1.3.2.3 Inclusões

Um vergalhão pode apresentar em sua microestrutura alguns componentes que não são resultantes do seu processo de fabricação, estas podem ser chamadas de impurezas ou inclusões.

Inclusões, vazios e porosidade agem como concentrações de tensão e, portanto, são locais comuns para micro trincas para nucleação sob carga cíclica, ou para formar durante o tratamento térmico ou trabalho a frio antes da carga cíclica. Em qualquer condição, a resistência à fadiga é reduzida por

essas descontinuidades. A minimização de inclusões, vazios / porosidade, laminações e outras descontinuidades através de procedimentos de produção e fabricação cuidadosamente controlados é a chave para uma boa resistência à fadiga. (STEPHENS ET AL, 1980, p.80).

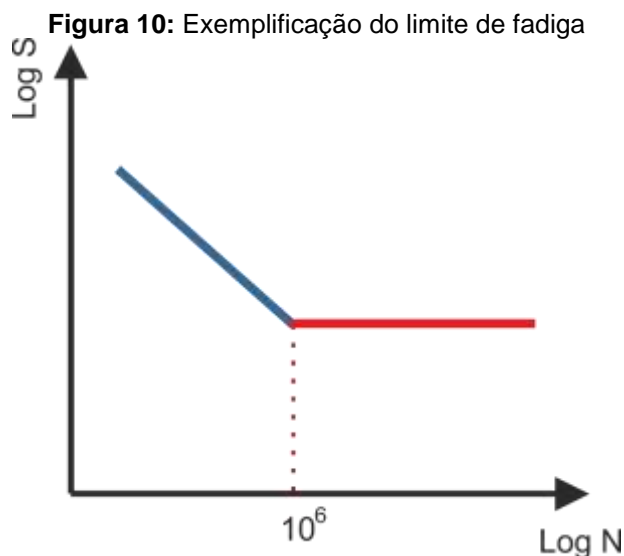
2.1.3.3 Diâmetro da Barra

A iniciação da trinca por fadiga em um determinado material, tende a ser em seu elo mais fraco. Ao analisar o diâmetro de um vergalhão, estatisticamente, há uma maior probabilidade de existir imperfeições e/ou impurezas em vergalhões com diâmetros maiores. Macgregor, Jhamb e Nuttal (1971) percebeu em seus estudos que vergalhões com diâmetros maiores possuíam uma resistência à fadiga menor que vergalhões com diâmetros menores. Tilly (1979) mostra que vergalhões de 40 mm possuíam uma resistência à fadiga cerca de 30 por cento menor que vergalhões de 16 mm de diâmetro.

Rocha, Bruehwiler e Nussbaumer (2016) mostra que para um vergalhão temperada e revenida, o tamanho médio dos grãos aumenta com o aumento do diâmetro da barra. E conforme explicado anteriormente, quanto maior o tamanho médio dos grãos, há uma menor quantidade de contornos e isso pode facilitar a propagação da trinca.

2.1.4 Limite de Fadiga

O limite de fadiga é o limite de resistência que um vergalhão pode ser submetido de forma cíclica sem se romper. Segundo Bathias (1999), o limite de fadiga definido nas curvas S-N, é geralmente arbitrado, para materiais metálicos, a um valor de 10^6 ciclos. Para vergalhões esse limite é definido nas normas entre 1 e 2 milhões de ciclos, sendo representado por uma assíntota horizontal, exemplificada na Figura 10 pela reta vermelha, a partir desses valores. Admite-se que, o material possui uma vida infinita à fadiga caso não rompa ao atingir o limite de fadiga.



Fonte: Autoria Própria

2.2 REGRESSÃO LINEAR

A regressão linear consiste em uma análise estatística que tem por finalidade verificar a existência de uma relação entre uma determinada variável dependente com uma ou mais variáveis independentes. Ela pode ser obtida através de diversos métodos. Nesse trabalho em questão, a regressão linear utilizou-se do método dos mínimos quadrados.

2.2.1 Método dos mínimos quadrados

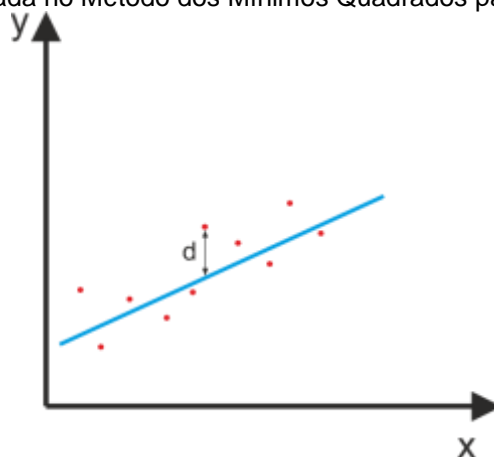
Segundo Almeida (2015), o método dos mínimos quadrados tem sua origem no estudo dos valores máximos e mínimos de funções reais. Mais precisamente, na determinação do(s) ponto(s) mínimo(s) de uma função que representa o desvio estimado na busca pelo ajuste.

Para a regressão linear, o que se deseja conhecer é a linha média entre os pontos coletados. Segundo Aguiar e Júnior (2018) para que a reta se ajusta aos dados, deve-se minimizar a soma das diferenças entre os valores da variável dependente e os valores da curva de ajuste em cada ponto. Mas esta diferença pode

ser tanto positiva quanto negativa, o que pode ocasionar em uma soma nula das diferenças mesmo com os valores muito distantes da reta.

A solução para esse problema então, é elevar ao quadrado essas diferenças. A Figura 11 mostra a distância considerada entre o ponto e a reta média traçada.

Figura 11: Distância (d) usada no Método dos Mínimos Quadrados para regressão linear



Fonte: Autoria Própria

A equação da linha reta, obtida por regressão linear através do método dos mínimos quadrados, é dada na equação 5:

$$\text{Log } S = a \text{Log } N + \log b \quad (5)$$

Onde:

$\text{Log } S$ é a variável dependente;

$\text{Log } N$ é a variável aleatória;

a é o coeficiente angular calculado

e $\log b$ é o coeficiente linear calculado.

Melo (2014) define que no método dos mínimos quadrados há uma análise entre as diferenças de cada distância existente entre os pontos e as retas, inúmeras vezes, até que, a reta selecionada como ideal é a que apresentar a menor somatória das diferenças de distâncias ao quadrado. As equações para encontrar os coeficientes angulares e lineares, utilizando o método dos mínimos quadrados, são descritas pelas equações 6 e 7.

$$a = \frac{\sum \log S \log N - \frac{\sum \log N \sum \log S}{n}}{\sum \log N^2 - \frac{(\sum \log N)^2}{n}} \quad (6)$$

$$\log b = \frac{\sum \log S - a \sum \log N}{n} \quad (7)$$

2.2.2 Teste t-Student

O teste t-Student ou somente teste t é um teste de hipótese que usa conceitos estatísticos para rejeitar ou não uma hipótese nula quando a estatística de teste (t) segue uma distribuição t-Student. Essa premissa é normalmente usada quando a estatística de teste, na verdade, segue uma distribuição normal, mas a variância da população (σ^2) é desconhecida. Nesse caso, é usada a variância amostral (S^2) e, com esse ajuste, a estatística de teste passa a seguir uma distribuição t-Student. (SILVA,2014)

A curva S-N calculada corresponde à reta paralela à linha média obtida por meio de regressão linear, em um nível de confiabilidade de 95%. Para conseguir traçá-la foi utilizado equações do parâmetro t-Student. Segundo Schneider e Maddox (2003), a equação para os limites superior e inferior da linha média pode ser definida conforme a equação 8.

$$\text{Log}(S)^{\pm} (\log b + a \log N) \pm t \hat{\sigma} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(\log S - \overline{\log S})^2}{\sum (\log S - \overline{\log S})^2}} \quad (8)$$

Onde:

t é a distribuição t-Student;

$\hat{\sigma}$ é o erro padrão, calculado pela raiz quadrada da divisão da somatória das distâncias quadradas de cada ponto à linha média pelo grau de liberdade.

2.3 NORMATIVAS

2.3.1 ABNT 2014

A ABNT (2014) traz em suas especificações sobre as considerações de resistência à fadiga. A equação 9 é estipulada para cálculo do limite de fadiga para vergalhões:

$$(\Delta f_{sd,fad})^m \times N = cte \quad (9)$$

Onde:

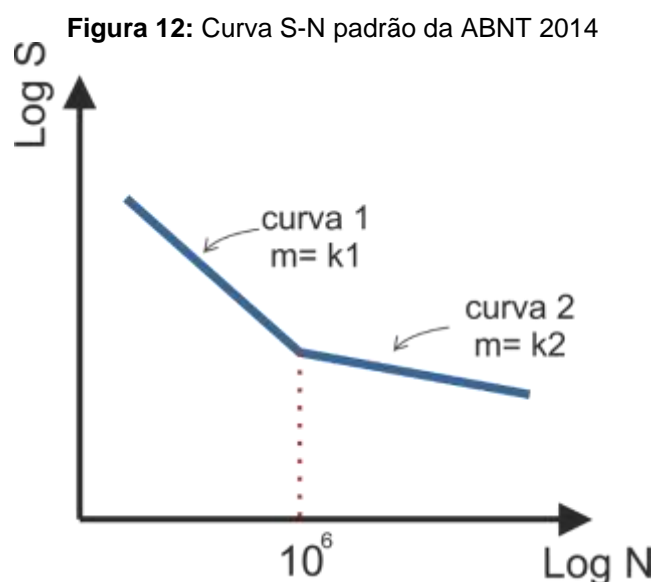
$\Delta f_{sd,fad}$ é a resistência a fadiga para projeto,

m é a inclinação da reta e N o número de ciclos.

Como a escala da curva S-N é em log, a equação 09 pode ser transformada na equação 10:

$$m \log(\Delta f_{sd,fad}) + \log N = \log C \quad (10)$$

Para os valores de m são definidos dois trechos de reta, um para o número de ciclos menor que 1×10^6 e outro para valores maiores que esse. A Figura 12 mostra a disposição dos limites de fadiga considerados pela ABNT (2014). Os valores dos coeficientes são $k_1 = 5$ e $k_2 = 9$.



Fonte: Adaptado ABNT (2014).

As resistências dadas na norma são especificadas para intervalos de diâmetro dos vergalhões. A Tabela 1 mostra a resistência da curva S-N para vergalhões quando o número de ciclos for de 1×10^6 .

Tabela 1: Relação de resistência à fadiga e diâmetro dos vergalhões segundo a ABNT 2014

D (mm)	$\Delta f_{sd,fad}$(MPa)
10	190
12,5	190
16	190
20	185
22	180
25	175
32	165
40	150

Fonte: Adaptado ABNT (2014).

A ABNT (2014) explica que não se deve considerar uma resistência à fadiga maior que a fornecida na curva S-N a menos que se possa comprovar, através de testes experimentais, que um determinado lote possui resistência à fadiga maior que a calculada pela norma. A normativa que define os parâmetros dados pela ABNT (2014) é a NBR 6118/2014.

2.3.2 FIB 2011

A FIB (2011) traz uma normativa denominada *Model Code 2010*, que define os parâmetros para cálculo de limite de resistência à fadiga. Tais parâmetros são muito parecidos entre as normas europeias e as brasileiras. O que difere mais evidentemente é a agrupação dos diâmetros e as resistências à fadiga.

A FIB (2011) considera que o cálculo do limite de resistência à fadiga também obedece à equação 09. Os valores para o coeficiente também continuam os mesmos, $k_1=5$ e $k_2=9$, assim como a curva característica exemplificada pela Figura 8.

A FIB (2011) utiliza um intervalo de diâmetros para construção das suas curvas. Na Tabela 2 é possível observar a tensão admitida para cada intervalo de diâmetro.

Tabela 2: Relação de Resistência à fadiga e diâmetro dos vergalhões segundo a FIB (2011)

D (mm)	$\Delta f_{sd,fad}$(MPa)
D≤16	210
D> 16	160

Fonte: Adaptado FIB (2011)

Como não há uma resistência específica para cada diâmetro, a FIB (2011) adota os valores representados para diâmetro maior que 16 mm, os valores de uma curva de 40 mm, o que, pode tornar a curva ligeiramente mais conservadora se fosse usado um diâmetro menor. Já para os demais diâmetros, é possível fazer uma interpolação entre o valor máximo e mínimo fornecido.

A FIB (2011) considera também que, para curvas calculadas que interceptam a curva gerada pela norma, o valor de resistência a fadiga a ser considerado está logo abaixo da interceptação.

Tanto na ABNT 2014 quanto na FIB 2011, os valores utilizados para cálculos, são os valores de projetos.

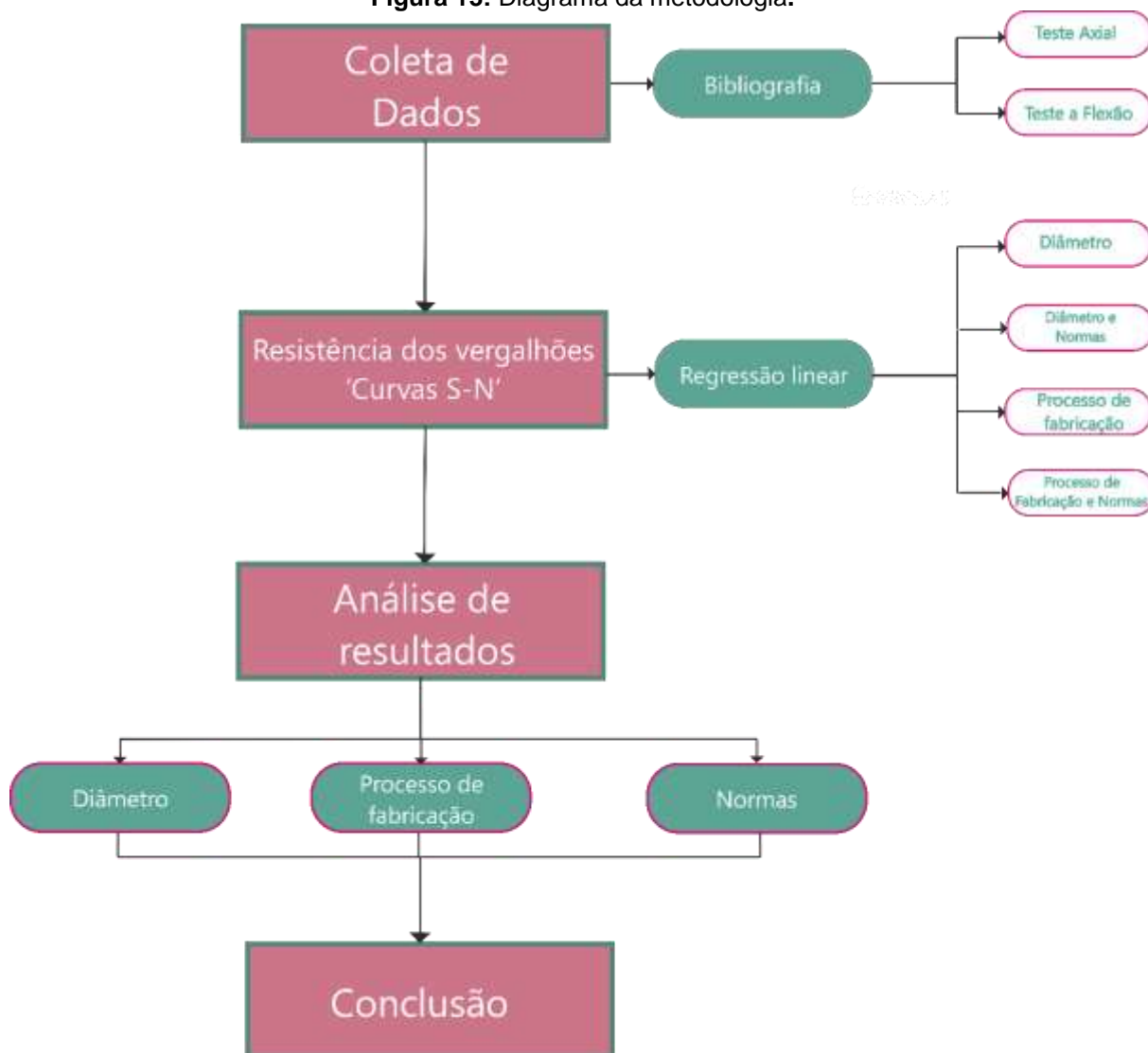
3. METODOLOGIA

O estudo da influência do diâmetro e do processo de fabricação na previsão da vida à fadiga em vergalhões foi realizado com base em resultados de testes axiais e à flexão obtidos na literatura. Esses dados incluem resultados de testes com vergalhões de diâmetros variando de dez a quarenta milímetros e três processos de fabricação: laminada a quente, trabalhada a frio e temperada e revenida.

As etapas desse estudo incluem, primeiramente, coleta de dados na bibliografia, seguida pela construção das curvas S-N por meio de regressão linear, utilizando o método dos mínimos quadrados e intervalos de confiança definido pelo *t-Student*.

Nesse trabalho foi realizado a verificação da resistência à fadiga, por meio das curvas S-N, considerando o efeito do diâmetro e do processo de fabricação de vergalhões. Foram também comparadas as curvas S-N construídas a partir dos dados experimentais com as curvas S-N fornecidas pelas normas da ABNT 2014 e FIB 2011. A metodologia utilizada pode ser visualizada na Figura 13.

Figura 13: Diagrama da metodologia.



Fonte: Autoria Própria.

4. RESULTADO E DISCUSSÕES

4.1 CONSTRUÇÃO DE CURVAS S-N

Para construção das curvas S-N foram coletados resultados de testes de fadiga axiais e à flexão para vergalhões de diâmetros de 10 a 40 mm. Para coleta desses dados, utilizou-se um *software* vetorial para obter as tensões de ruptura e os respectivos número de ciclos de falha dos vergalhões encontrados nos testes. Ao importar os dados da bibliografia no programa, coletou-se as coordenadas e, ajustando a uma escala logarítmica ou linear, foram encontrados os valores de tensão e número de ciclos. As tabelas com coordenadas, tensão e número de ciclos coletados nessa primeira etapa são apresentadas no Apêndice A.

A Tabela 3 mostra o banco de dados utilizados para o referente trabalho. Várias referências bibliográficas relativas a testes de fadiga com vergalhões são da década de 80. Neste período observa-se um grande volume de testes de fadiga muito provavelmente pela sua crescente utilização na construção civil e aos acidentes por fadiga em estruturas. Há ainda referências também atuais com resultados de testes de fadiga. Por limitação de tempo, este trabalho buscou algumas das referências mais relevantes.

Testes de fadiga também são comumente realizados por empresas europeias fabricantes de aço. Entretanto os resultados não estão disponíveis na literatura. No Brasil, essa é uma prática rara nas empresas. Além disso, não foram encontrados resultados de fadiga para vergalhões CA-50 produzidos no Brasil.

A Tabela 4 contém as principais informações dos vergalhões encontradas nas referências apresentadas na Tabela 3. Essas informações incluem o tipo de teste, frequência, teor de carbono (%C), diâmetro da barra (D), razão das tensões (R), tensão de escoamento (f_y), relação entre a tensão última e a tensão de escoamento (f_u/f_y) e processo de fabricação. Ao todo, foram coletados duzentos e vinte e seis resultados de testes de fadiga. A planilha contendo todos os dados coletados encontra-se no Apêndice B.

Tabela 3: Referências da bibliografia utilizadas para construção das curvas S-N.

Ref.	Nome do artigo	Autores	Ano	Pg.	Origem
1	Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern	J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad	1968	6	Estados Unidos e Europa
2	Experimental Investigations on the fatigue behaviour of cold-worked deformed bars	V. P. Narayanaswamy, V.K. Gupta, J.N. Chhanda, A. Rajaraman	1977	156-157	Índia
3	Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach	A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove	1982	23	Reino Unido
4	Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars	G. P. Tilly	1984	45	Reino Unido
5	Fatigue of Tempcore Reinforcing Bars - The effect of Galvanizing	A. Abel	1986	329	Austrália
6	A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars	Nobuyuki Matsumoto	1988	180	Japão
7	Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process	Hang Zheng e Andras Andrew Abel	1999	161	Austrália

Fonte: Autoria Própria

Tabela 4: Dados das referências da bibliografia.

Refs.	Teste	Freq. (Hz)	D (mm)	%C	R	fu/fy	fy (MPa)	Nº de amostras	Processo de Fabricação
1	Flexão	8,3	25	0,37	0,10 - 0,16	1,85	279	14	LQ ⁽¹⁾
1	Flexão	8,3	25	0,18	0,07 - 0,11	1,23	433	12	TF ⁽²⁾
2	Flexão	8,0	25	0,25	0,17	1,24	465	7	TF
3	Flexão	0,2	10	0,24	0,12 - 0,16	1,24	435	21	LQ
3	Flexão	3,0	12	0,24	0,18 - 0,25	1,24	435	9	TF
3	Flexão	0,5 - 1,0	16	0,24	0,13 - 0,17	1,24	435	9	TF
3	Flexão	1,0	32	0,24	0,19	1,24	435	9	TF
4	Axial	150,0	16	0,20	0,20	1,15	460	11	TF
4	Axial	150,0	16	0,11	0,20	1,15	460	10	TF
4	Axial	150,0	16	0,12	0,20	1,15	460	4	LQ
4	Axial	150,0	16	0,17	0,20	1,15	460	8	LQ
4	Axial	150,0	16	0,24	0,20	1,15	460	4	LQ
4	Axial	150,0	16	0,33	0,20	1,15	460	5	LQ
4	Flexão	3,0	32	0,25	0,20	1,15	460	3	TF
4	Flexão	3,0	32	0,25	0,12	1,15	460	3	LQ
4	Axial	150,0	32	0,25	0,20	1,15	460	3	TF
4	Axial	150,0	40	0,25	0,20	1,15	460	4	TF
4	Flexão	3,0	40	0,25	0,20	1,15	460	3	TF

5	Flexão	6,0	12	0,19	0,00	1,19	442	4	TR ⁽³⁾
5	Flexão	6,0	20	0,19	0,00	1,26	417	4	TR
5	Flexão	6,0	28	0,19	0,00	1,23	455	6	TR
6	Axial	10,0	10	0,42	0,20	1,41	496	24	TF
7	Flexão	6,0	12	0,15	0,00	1,19	438	6	TR
7	Flexão	6,0	16	0,16	0,00	1,21	443	8	TR
7	Flexão	6,0	20	0,17	0,00	1,23	430	6	TR
7	Flexão	6,0	24	0,20	0,00	1,22	455	8	TR
7	Flexão	6,0	28	0,13	0,00	1,22	443	8	TR
7	Flexão	6,0	32	0,18	0,00	1,29	416	9	TR
7	Flexão	6,0	36	0,17	0,00	1,28	433	5	TR

Nota: (1) - Laminada a quente, (2) - Trabalhada a Frio, (3) - Temperada e Revenida

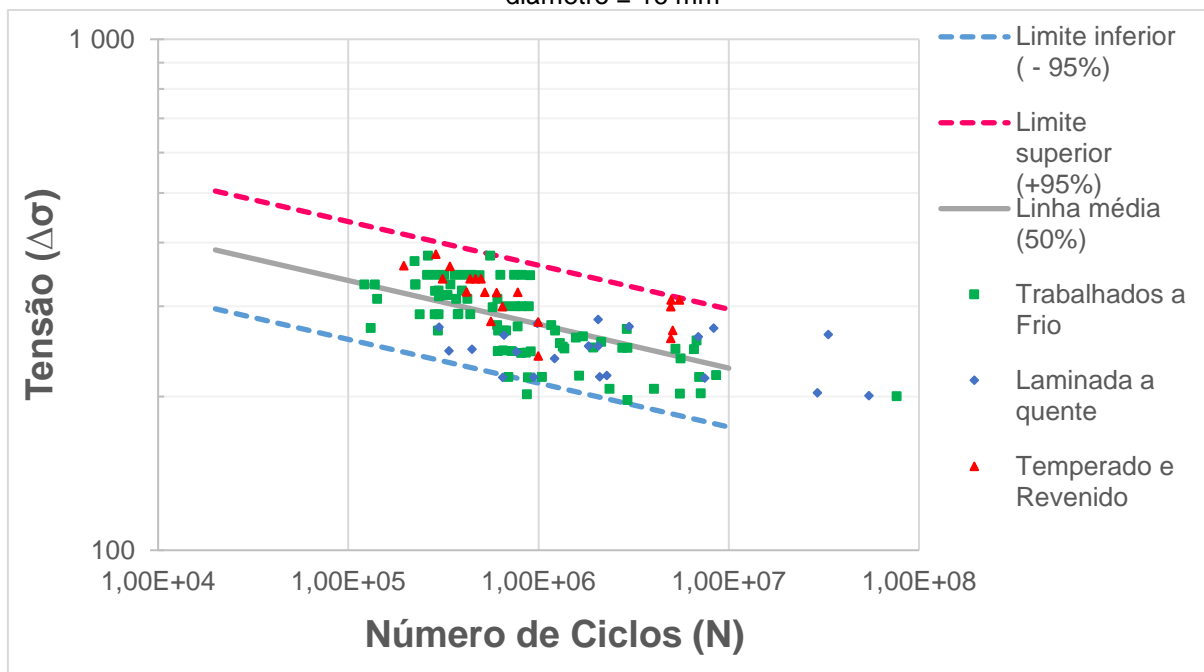
Fonte: Autoria Própria

Com os dados coletados foi então realizada a construção das curvas S-N. Primeiramente, foi necessário traçar a linha média com confiabilidade de 50% dos pontos coletados. Para isso, realizou-se a regressão linear dos pontos a partir das equações (5), (6) e (7) descritas na página 30.

Após determinar as equações da reta média, obteve-se por meio do teste t-Student, os limites de confiabilidade à 95%. A equação (8) descrita na página 30 foi utilizada para este cálculo. Stephens et al. (1980) indica que esses limites de confiabilidade devem ser maiores que 90%, pois em uma variação de apenas 10% os valores de tensões apresentam grandes mudanças. Os valores encontrados na regressão linear e para o nível de confiabilidade estão descritos no Apêndice C.

Na Figura 14 é possível visualizar, para vergalhões com diâmetro menor ou igual à 16 mm, a exemplificação da linha média e seus limites de confiabilidade de 95% inferior e superior.

Figura 14: Representação da linha média e limites de confiabilidade para vergalhões laminadas a quente (Ref. 4), trabalhadas a frio (Refs. 3,4 e 6) e temperadas e revenidas (Refs. 5 e 7) com diâmetro ≤ 16 mm



Fonte: Salah el Din e Lovegrove (1982), Tilly (1984), Abel (1986), Matsumoto (1988) e Zheng (1999).

Determinadas as curvas S-N foram comparados os resultados de resistência à fadiga para os parâmetros estudados, diâmetro e processos de fabricação dos vergalhões. Os resultados também foram comparados com os fornecidos a normativa NBR 6118/2014 (ABNT, 2014) e com a normativa *Model Code 2010* (FIB, 2011).

Para comparação dos resultados de resistência a fadiga na literatura com as normas, foi definido o limite de fadiga, conforme adotado nas normativas, a um valor de 1×10^6 ciclos. A Tabela 5 mostra os dados retirados das normas para cálculo das curvas S-N.

Tabela 5: Dados de resistência, número de ciclos e inclinações do *Model Code 2010* e NBR 6118/2014

Model Code 2010				
	S (MPa)	N	k_1	k_2
D ≤ 16 mm	210	10^6	5	9
D > 16 mm	160	10^6	5	9
NBR 6118/2014				
	S (MPa)	N	k_1	k_2
D ≤ 16 mm	190	2×10^6	5	9
D > 16 mm	150	2×10^6	5	9

Fonte: Autoria Própria

O *Model Code* 2010 traz as resistências para os intervalos de diâmetro considerados na Tabela 5. Em intervalos de diâmetro menor igual a 16 mm, a resistência considerada é para vergalhões de 16 mm, já para um intervalo maior que 16 mm, a resistência considerada é a calculada para um vergalhão de 40 mm. No caso em que o diâmetro está entre os valores estipulados, pode-se fazer uma interpolação para definir a resistência exata. Contudo, foi escolhido manter os intervalos para facilitar a comparação das curvas S-N.

Já a NBR 6118/2014 traz uma resistência de limite de fadiga específica para cada diâmetro. Então, foi escolhido, para os intervalos de diâmetro especificados na Tabela 5, as resistências de vergalhões de 16 mm e de 40 mm fornecidas.

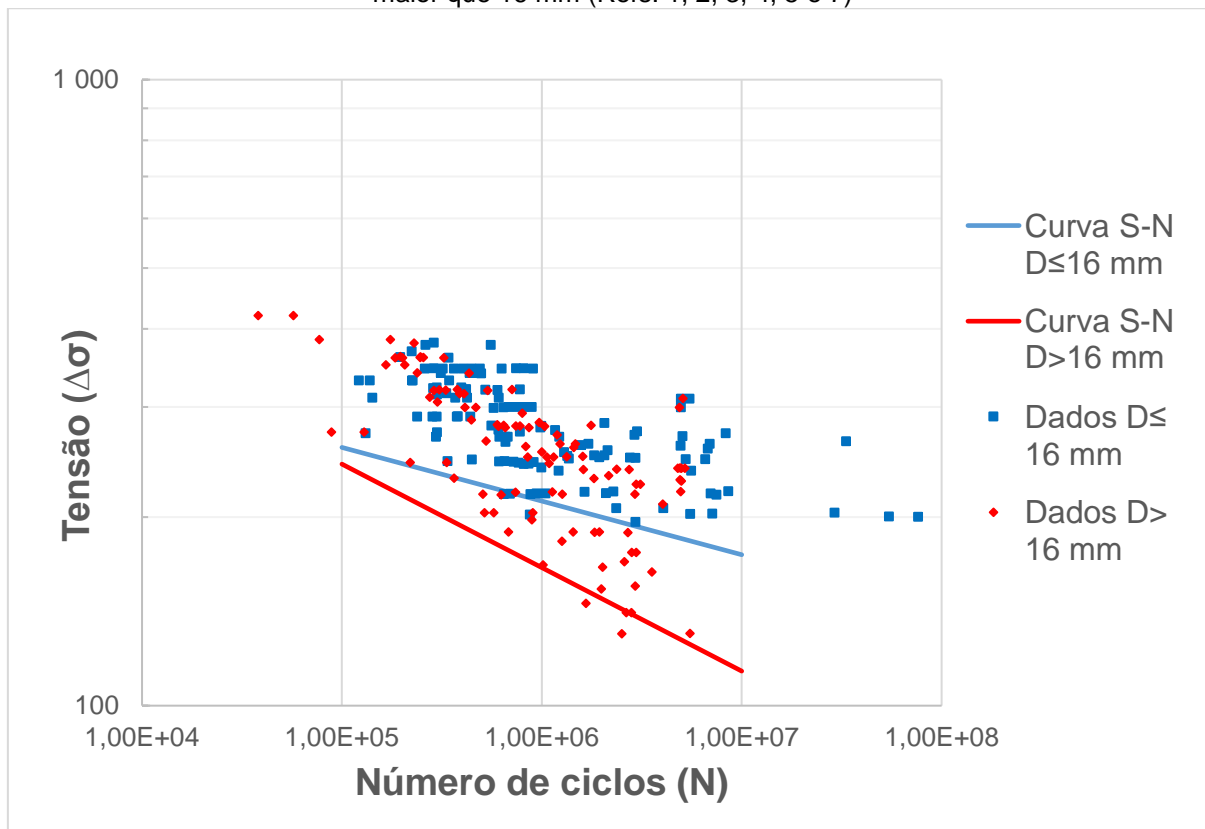
É importante ressaltar que, na Tabela 5, enquanto o *Model Code* 2010 traz as resistências a um número de 1×10^6 ciclos, a NBR 6118/2014, traz as resistências a um valor de 2×10^6 . O resultado, a 1×10^6 para norma brasileira foi de 155 MPa para diâmetro maior que 16 mm e de 195 MPa para um intervalo de diâmetro menor ou igual a 16 mm. Nesse estudo, utilizou-se para comparação de todos os dados o valor de 1×10^6 ciclos.

4.1.1 Influência do diâmetro

Para analisar a influência do diâmetro na resistência à fadiga dos vergalhões foi utilizado um total de 226 dados da literatura. Desse total, 122 dados são de vergalhões com diâmetros menores ou igual à 16 mm e 104 dados de vergalhões com diâmetro maior que 16 mm. Nesta análise são considerados todos os tipos de processo de fabricação.

A Figura 15 mostra as curvas S-N obtidas a partir dos dados da literatura para $D \leq 16$ mm e $D > 16$ mm. Essas foram delimitadas, neste trabalho, até um valor de 10 milhões de ciclos pois há poucos dados encontrados da literatura além deste valor; os testes de fadiga são frequentemente realizados até 2 milhões.

Figura 15: Curvas S-N para vergalhões de diâmetros menor ou igual a 16 mm (Refs. 3, 4, 5, 6 e 7) e maior que 16 mm (Refs. 1, 2, 3, 4, 5 e 7)



Fonte: Hanson, Burton e Hognestad (1968), Narayanaswamy et. al. (1977), Salah el Din e Lovegrove (1982), Tilly (1984), Abel (1986), Matsumoto (1988) e Zheng (1999).

Observa-se que, a partir das curvas S-N calculadas, o aumento no diâmetro dos vergalhões tende a reduzir a resistência à fadiga das mesmas. Esse comportamento é esperado e pode ser explicado pela maior probabilidade em se encontrar mais imperfeições e trincas superficiais, zonas de concentração de tensão, em vergalhões com diâmetros maiores. Conforme reportado na literatura, as trincas por fadiga iniciam-se na superfície do vergalhão, em zonas de concentração de tensão (Zheng, 1999).

Além disso, há uma maior probabilidade em se encontrar uma maior quantidade de grãos maiores, inclusões e poros em vergalhões com seção transversal maior. Trincas por fadiga em materiais metálicos tendem a iniciar-se em grãos maiores e melhor preferencialmente orientados. Esse efeito é conhecido como efeito escala ou também chamado efeito do tamanho.

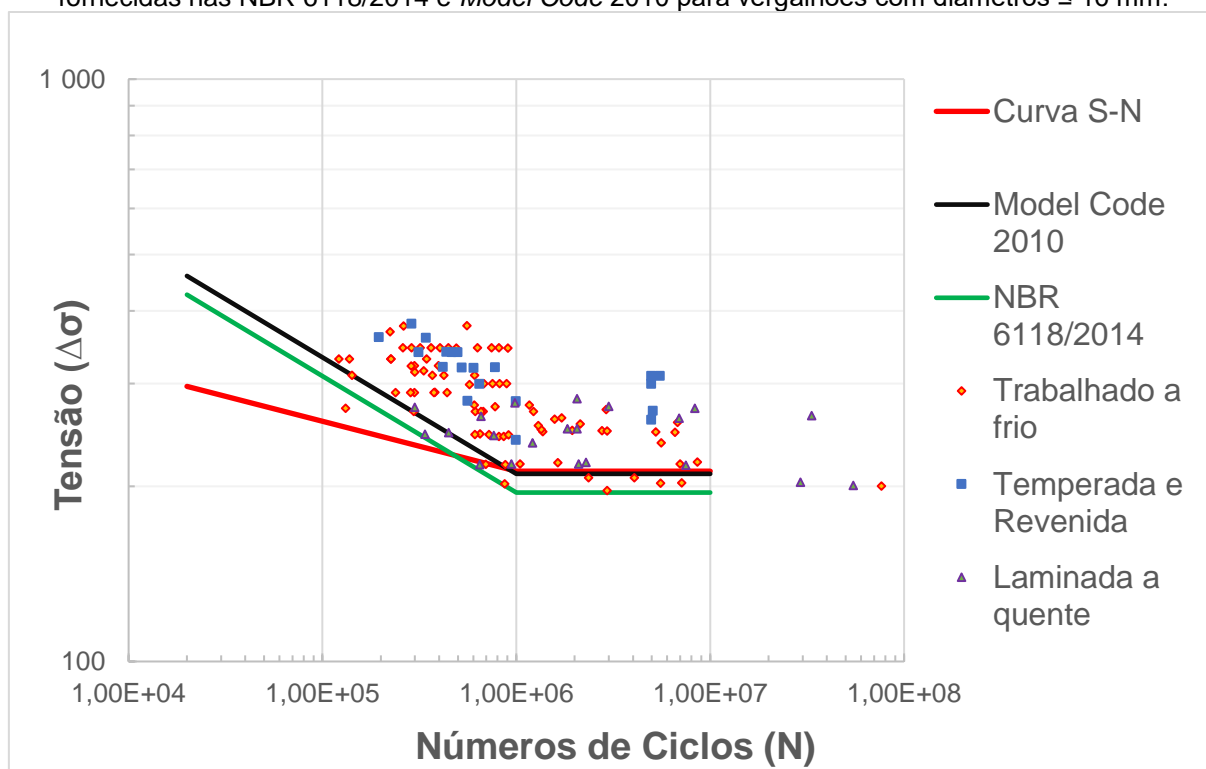
4.1.1.1 Comparação com a NBR 6118/2014 e *Model Code* 2010

4.1.1.1.1 Diâmetros menor ou igual a 16 mm

Nesta seção são comparadas a curva S-N obtida para diâmetros menores e iguais a 16 mm com as curvas fornecidas nas normas NBR 6118/2014 e *Model Code 2010* para este intervalo de diâmetro. Os dados dos testes utilizados para construção da curva S-N são os mesmos apresentados na Figura 14. Nesta análise foi adotado um limite de fadiga de 1 milhão de ciclos conforme recomendado no *Model Code 2010*.

A Figura 16 apresenta a curva S-N calculada e as curvas S-N das normas.

Figura 16: Curva S-N obtida a partir de dados experimentais (Refs. 3, 4, 5, 6 e 7) e curvas S-N fornecidas nas NBR 6118/2014 e *Model Code 2010* para vergalhões com diâmetros ≤ 16 mm.



Fonte: Salah el Din e Lovegrove (1982), Tilly (1984), Abel (1986), Matsumoto (1988) e Zheng (1999).

Ao comparar-se a curva S-N experimental, obtidas pelos dados da bibliografia, e as curvas S-N fornecidas em normas, observa-se que a curva experimental apresenta um limite de fadiga, representado pela linha horizontal, muito próximo ao limite encontrado no *Model Code 2010*. O valor de limite de fadiga encontrado nos dados da bibliografia para diâmetro menor ou igual a 16 mm foi de 212 MPa. Este valor é muito próximo do valor encontrado no *Model Code 2010* de 210 MPa.

A Figura 16 mostra também que as normas europeia e brasileira são menos conservadoras que a curva experimental para um número de ciclos inferior a 1 milhão

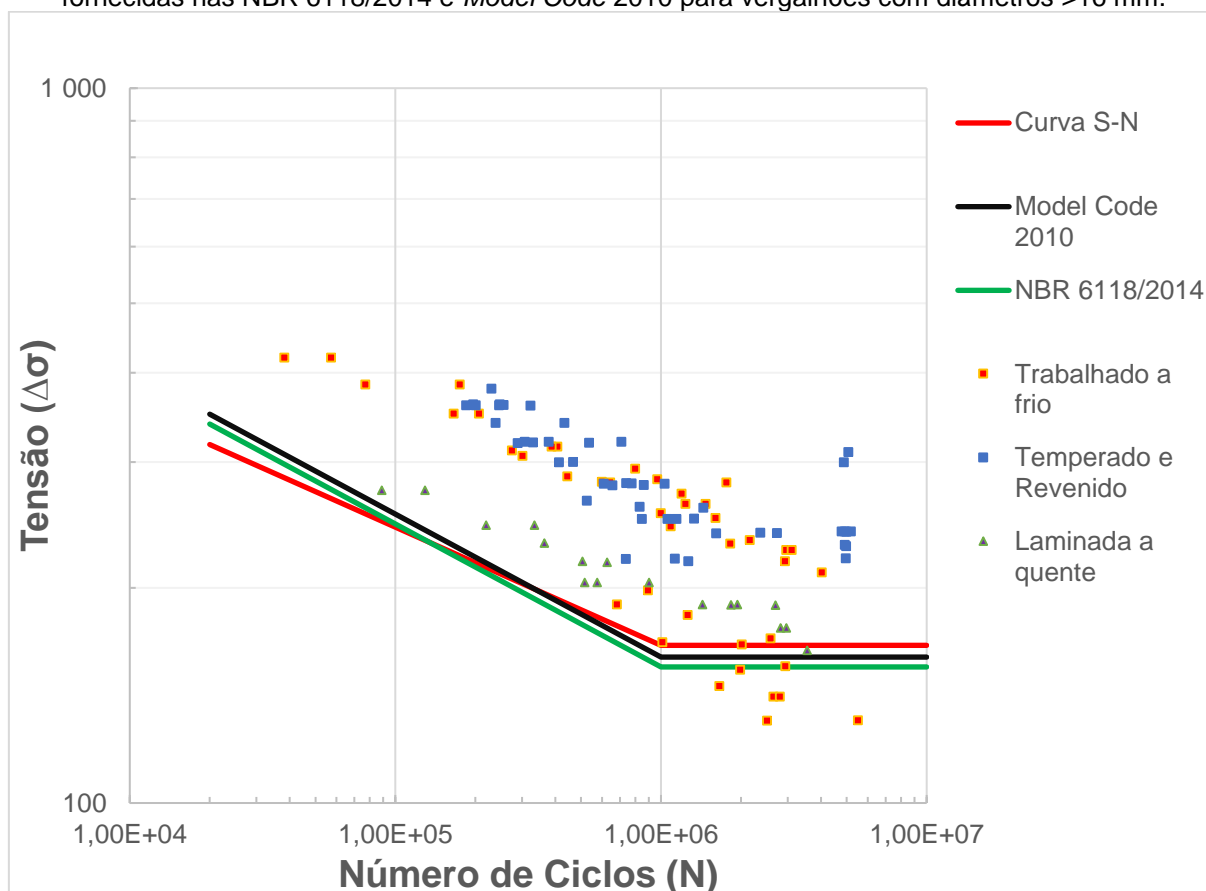
de ciclos. Ressalta-se que nesta análise não foram considerados dados de resultados de testes de fadiga com vergalhões produzidos no Brasil devido à indisponibilidade na literatura.

4.1.1.1.2 Diâmetros maior que 16 mm

Nesta seção são comparadas a curva S-N obtida para diâmetros maiores que 16 mm com as curvas fornecidas nas normas NBR 6118/2014 e *Model Code 2010*. Os dados dos testes utilizados para construção da curva S-N são os mesmos apresentados na Figura 15 para este intervalo de diâmetro. Nesta análise foi também adotado um limite de fadiga de 1 milhão de ciclos conforme recomendado no *Model Code 2010*.

A Figura 17 apresenta a curva S-N calculada e as curvas S-N das normas.

Figura 17: Curva S-N obtida a partir de dados experimentais (Refs. 1, 2, 3, 4, 5 e 7) e curvas S-N fornecidas nas NBR 6118/2014 e *Model Code 2010* para vergalhões com diâmetros >16 mm.



Fonte: Hanson, Burton e Hognestad (1968), Narayanaswamy et. al. (1977), Salah el Din e Lovegrove (1982), Tilly (1984), Abel (1986) e Zheng (1999).

Observa-se que para a curva S-N experimental, obtida a partir de dados da literatura para diâmetro maior que 16 mm, o limite de fadiga é ligeiramente maior que a estipulada pelo *Model Code 2010* e a NBR 6118/2014. Diferentemente do observado na Figura 14, a inclinação da curva experimental e da recomendada em normas se aproximam. Além disso, as normas são um pouco menos conservativas apenas a número de ciclos inferiores à aproximadamente 100.000.

O valor de limite de fadiga encontrado nos dados da bibliografia para diâmetro maior que 16 mm foi de 166 MPa. Uma relação de aproximadamente 4% superior ao estipulado pelo *Model Code 2010* e 7% superior ao estipulado pela NBR 6118/2014.

4.1.2 Influência do processo de fabricação

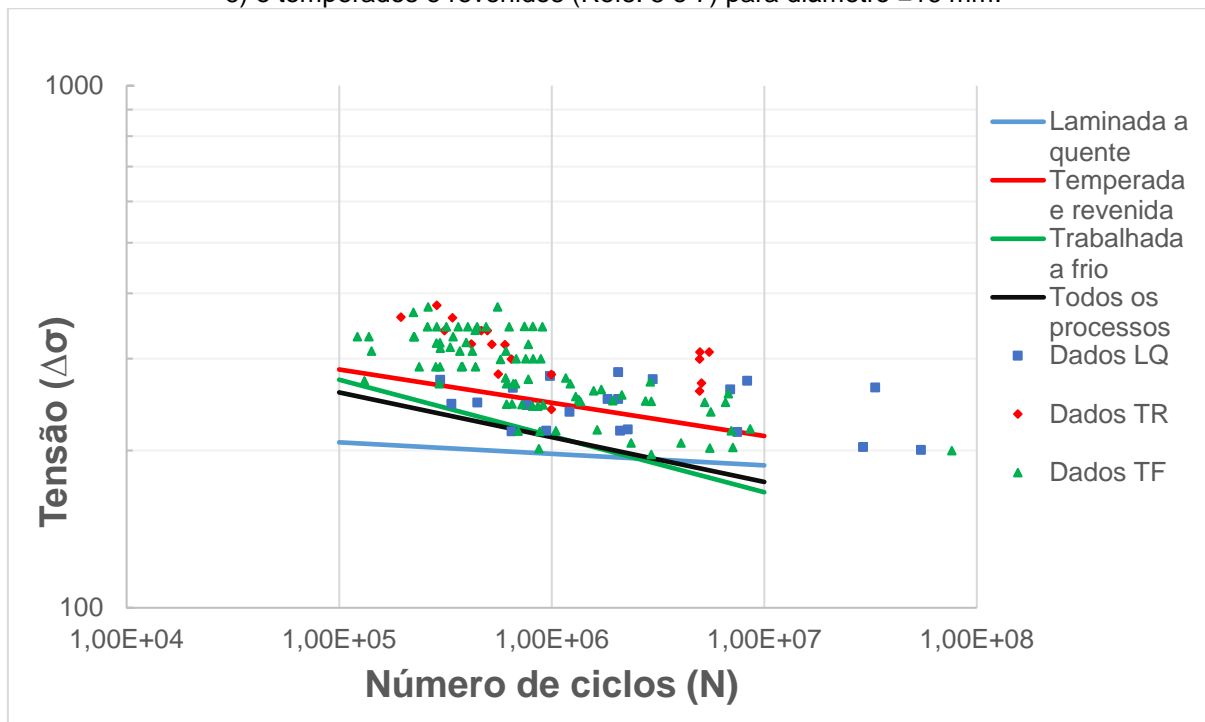
Uma especificação não realizada pelas normas brasileira e europeia é a verificação à fadiga para diferentes processos de fabricação. De acordo com cada processo, as propriedades mecânicas dos vergalhões, incluindo a resistência à fadiga, podem ser melhoradas. Neste trabalho foram comparadas inicialmente, as curvas S-N obtidas para vergalhões laminados a quente, trabalhados a frio e temperados e revenidos. Foram ainda comparadas essas curvas com as fornecidas na NBR 6118/2014 e *Model Code 2010*. Em ambas as verificações, subdividiu-se os resultados em intervalos de diâmetro menor ou igual a 16 mm e maior que 16 mm.

Para a curva S-N de vergalhões com diâmetro menor ou igual a 16 mm, foi utilizado um total de 122 dados, dos quais 83 são de vergalhões trabalhados a frio, 21 de laminados a quente e 18 de vergalhões temperados e revenidos.

Para a curva S-N de vergalhões com diâmetro maior que 16 mm, foi utilizado um total de 104 dados, dos quais 46 são temperados e revenidos, 41 são de trabalhados a frio e 17 laminados a quente.

A Figura 18 apresenta as curvas S-N calculadas para os diferentes processos de fabricação em vergalhões com diâmetros menores ou iguais a 16 mm.

Figura 18: Curvas S-N para vergalhões laminados a quente (Refs. 4), trabalhados a frio (Refs. 3, 4 e 6) e temperados e revenidos (Refs. 5 e 7) para diâmetro ≤ 16 mm.



Fonte: Salah el Din e Lovegrove (1982), Tilly (1984), Abel (1986), Matsumoto (1988) e Zheng (1999)

Ao comparar graficamente as curvas S-N geradas por processos de fabricação diferentes para um mesmo intervalo de diâmetro, é possível identificar que os vergalhões temperados e revenidos apresentam melhores características de resistência à fadiga que os vergalhões dos demais processos de fabricação.

Segundo Zheng Abel (1999) e Rocha, Bruehwiler e Nussbaumer (2015), no processo de têmpera e revenimento, o resfriamento brusco leva à formação da martensita. A presença dessa microestrutura na superfície e subsuperfície dos vergalhões tende a melhorar as propriedades mecânicas e, conseqüentemente, a resistência à fadiga. Nos vergalhões laminados a quente e trabalhados a frio, a microestrutura encontrada é a mesma ao longo de toda a seção transversal, ferrita-perlita. Essa microestrutura está presente apenas no núcleo dos vergalhões temperados e revenidos. Nos estudos realizados por Zheng e Abel (1999) e Rocha, Bruehwiler e Nussbaumer (2015), os vergalhões temperados e revenidos também apresentaram maior resistência à fadiga que os demais

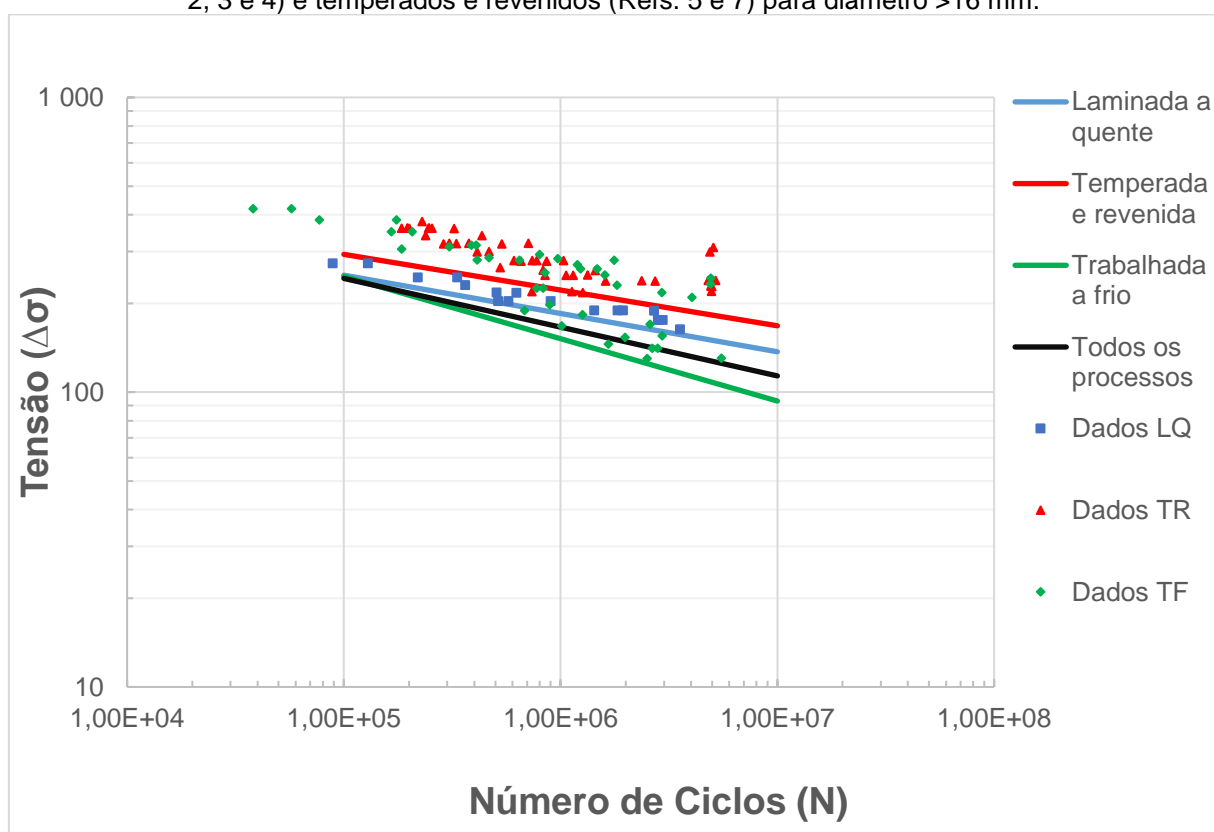
Para vergalhões com diâmetro inferior à 16 mm, os vergalhões laminados a quente apresentaram, em geral, uma resistência à fadiga inferior aos trabalhados a frio. Isso provavelmente possa ser explicado pelo teor de carbono presente nos vergalhões. Os laminados a quente para este intervalo de diâmetro apresentam teores

de carbono que variavam de 0,12 a 0,24 % enquanto os vergalhões trabalhados a frio apresentam para os dados deste intervalo teores variando de 0,20 a 0,24 %.

O carbono é o principal elemento que define as propriedades mecânicas dos aços. Quanto maior o teor de carbono, maior tende a ser a resistência à fadiga de vergalhões contendo ferrita-perlita.

Uma outra avaliação do processo de fabricação foi realizada, mas desta vez, considerando o diâmetro dos vergalhões maior que 16 mm. Na Figura 19 são apresentadas as curvas S-N calculadas para diferentes processos de fabricação e diâmetro maior que 16mm.

Figura 19: Curvas S-N para vergalhões laminados a quente (Refs. 1 e 4), trabalhados a frio (Refs. 1, 2, 3 e 4) e temperados e revenidos (Refs. 5 e 7) para diâmetro >16 mm.



Fonte: Hanson, Burton e Hognestad (1968), Narayanaswamy et al. (1977), Salah el Din e Lovegrove (1982), Tilly (1984), Abel (1986) e Zheng (1999).

Novamente, percebe-se para os vergalhões temperados e revenidos uma resistência superior à dos demais processos de fabricação.

Para os dados considerados nessa análise, os vergalhões laminados a quente apresentam um teor de carbono entre 0,25 e 0,37 enquanto que os vergalhões trabalhados a frio essa variação é de 0,18 a 0,25. O menor teor de carbono nos

vergalhões trabalhados a frio pode provavelmente explicar sua inferior resistência à fadiga comparada aos laminados a quente, considerando que ambos os processos levam a formação da mesma microestrutura ferrita- perlita.

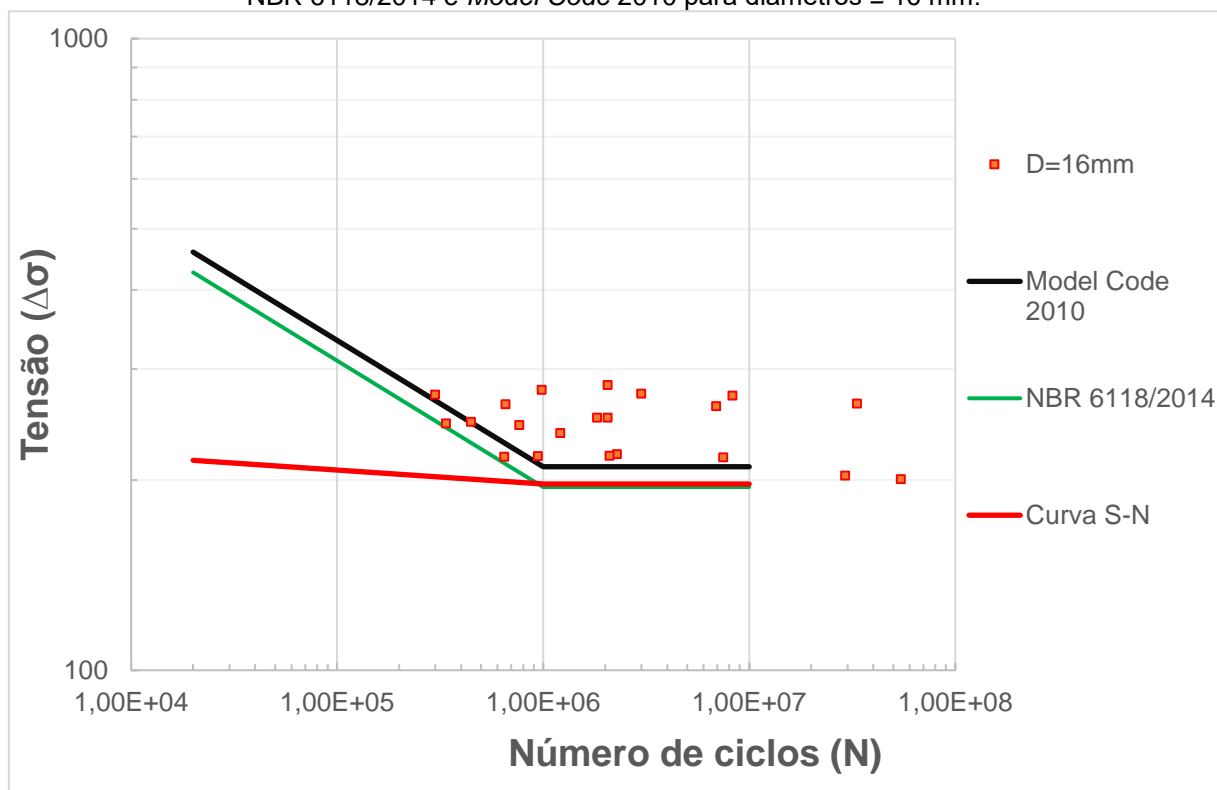
4.1.2.1 Comparação com a NBR 6118/2014 e *Model Code* 2010

Uma verificação não realizada na NBR 6118/2014 e *Model Code* 2010 é a distinção do processo de fabricação na resistência à fadiga dos vergalhões. Foi perceptível na análise anterior que a resistência à fadiga varia de acordo com o processo de fabricação. A comparação das normas com o processo de fabricação foi subdividida também em intervalos de diâmetro para melhor comparação com a curva S-N disponibilizada nas normas.

4.1.2.1.1 Laminados a quente

Para as verificações de resistência a fadiga nos vergalhões laminados a quente, com diâmetro menor que 16 mm, foram utilizados um total de 20 dados da bibliografia. A Figura 20 mostra as curvas S-N geradas.

Figura 20: Comparação curvas S-N para vergalhões laminados a quente (Refs. 4) e fornecidas pela NBR 6118/2014 e *Model Code 2010* para diâmetros ≤ 16 mm.



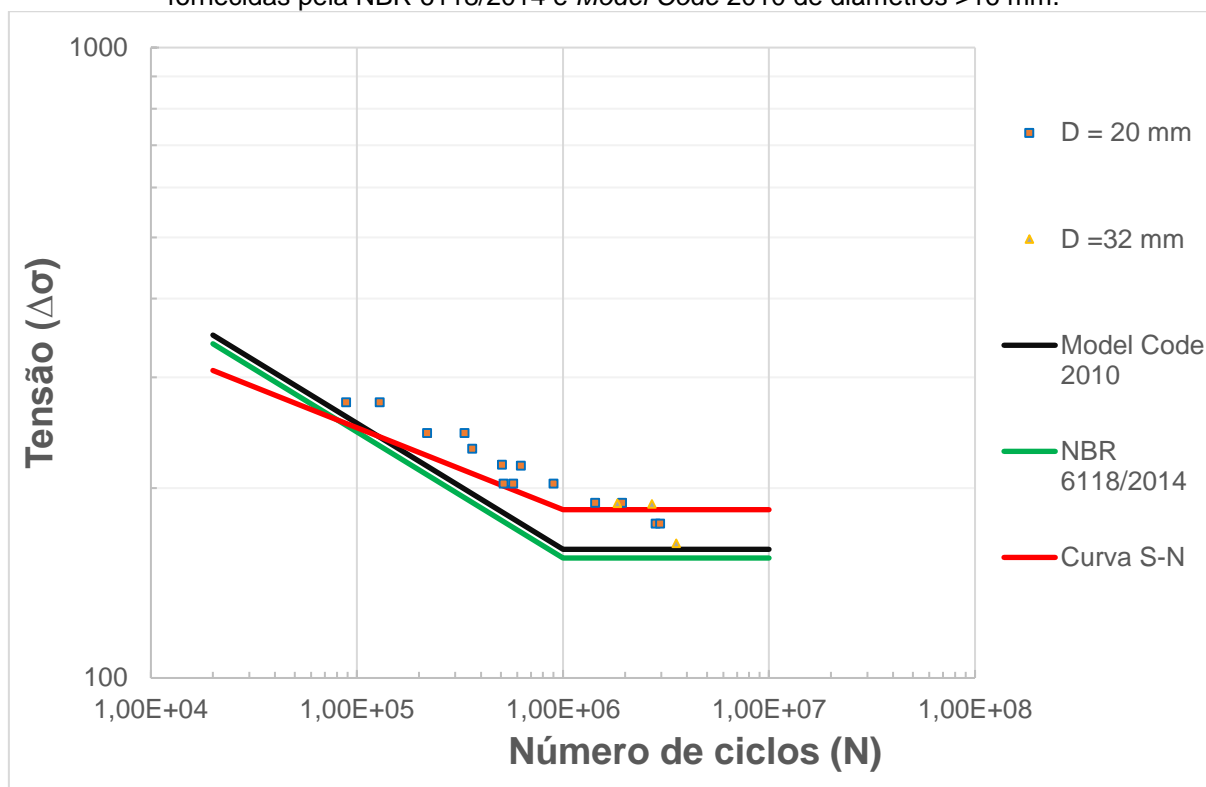
Fonte: Tilly (1984)

Pela Figura 20 pode-se perceber que os vergalhões laminados a quente, para diâmetro menor ou igual a 16 mm, possuem um limite de resistência muito próximo à norma brasileira e pouco abaixo da norma europeia.

Esse lote de vergalhões também apresentou uma resistência menor, para um número de ciclos inferior a 1 milhão, que é o encontrado em ambas as normas. É importante ressaltar que, para a construção da curva S-N os dados utilizados foram de vergalhões fabricados na Europa, portanto, estão abaixo dos limites considerados na norma europeia.

Outra verificação foi feita para resistência à fadiga de vergalhões laminados a quente. Desta vez, foi utilizado um intervalo de diâmetro superior a 16 mm. A quantidade total de dados utilizados para construção da curva S-N foi de 16 sendo destes, 13 dados para um diâmetro igual a 20 mm e 3 dados para um diâmetro de 32 mm. A Figura 21 representa a curva S-N calculada para vergalhões laminados a quente com diâmetro maior que 16 mm.

Figura 21: Comparação curvas S-N calculada para vergalhões laminados a quente (Refs. 1 e 4) e fornecidas pela NBR 6118/2014 e *Model Code* 2010 de diâmetros >16 mm.



Fonte: Hanson, Burton e Hognestad (1968) e Tilly (1984)

Ao aumentar o diâmetro do vergalhão laminado a quente, percebeu-se que, diferente do resultado encontrado para diâmetros menores ou iguais a 16 mm, houve um aumento no limite de resistência quando comparado aos fornecidos pelas normas. Observa-se que, o limite de fadiga apresentado nesse caso, a partir de um milhão de ciclos, para os vergalhões laminados a quente, é de 185 MPa enquanto que para o *Model Code* 2010 é de 160 MPa e para a NBR 6118/2014 de 155 MPa.

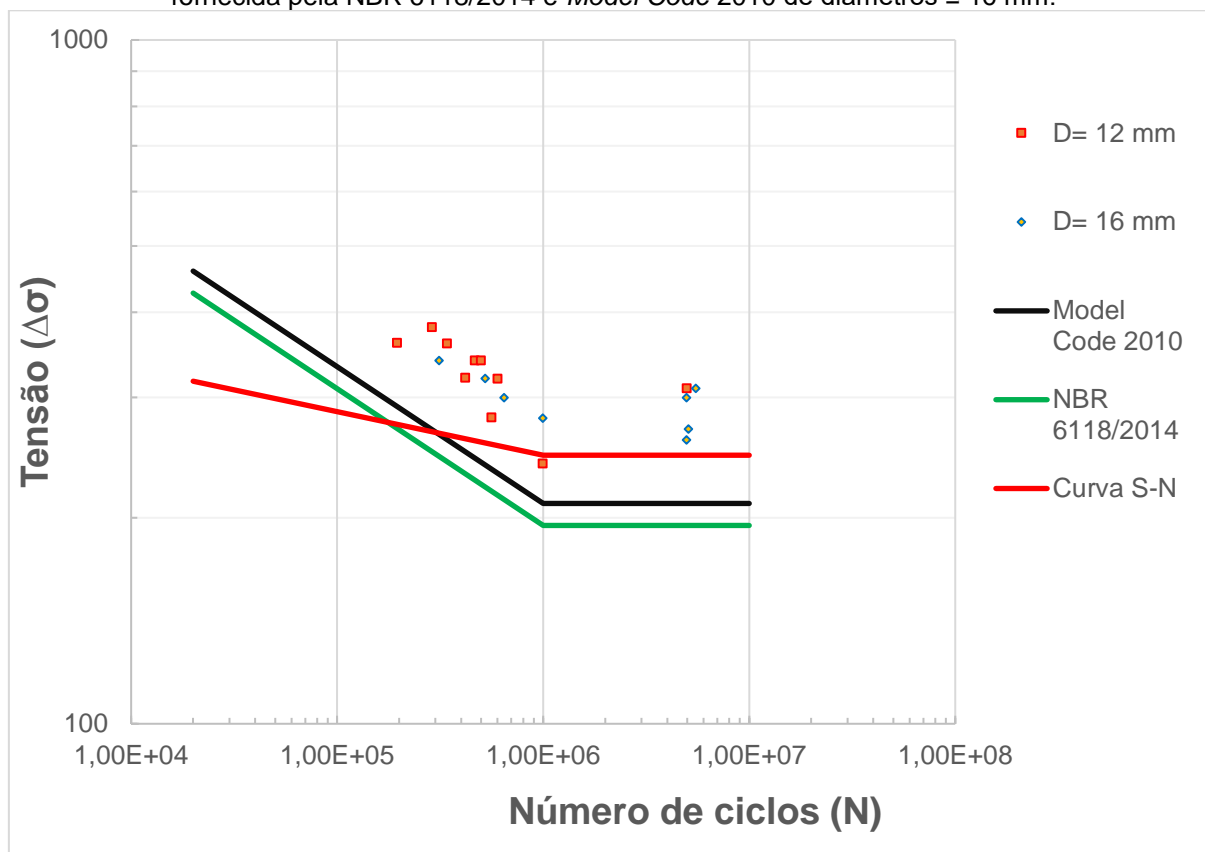
Portanto, para vergalhões laminados a quente com diâmetro maior que 16 mm, em que sua maioria são vergalhões europeus e baseando-se nos resultados encontrados das curvas S-N, nota-se que, tanto o *Model Code* 2010 que é uma normativa europeia, quanto a norma brasileira, subestimam os valores de resistência nesse caso.

4.1.2.1.2 Temperados e Revenidos

Para construção das curvas S-N de vergalhões temperados e revenidos, foram retirados da bibliografia um total 64 dados. Dentre eles, 18 dados referem-se à diâmetro menor ou igual a 16 mm e 46 referem-se a diâmetros maiores que 16 mm.

Dos 18 dados coletados de vergalhões temperados e revenidos para diâmetro menor ou igual a 16 mm, 10 deles eram de vergalhões com diâmetro igual a 12 mm e 8 para vergalhões de 16 mm. A Figura 22 mostra a curva S-N calculada para esses dados e a comparação em relação às normas.

Figura 22: Comparação curva S-N calculada para vergalhões temperados e revenidos (Refs. 5 e 7) e fornecida pela NBR 6118/2014 e *Model Code* 2010 de diâmetros ≤ 16 mm.



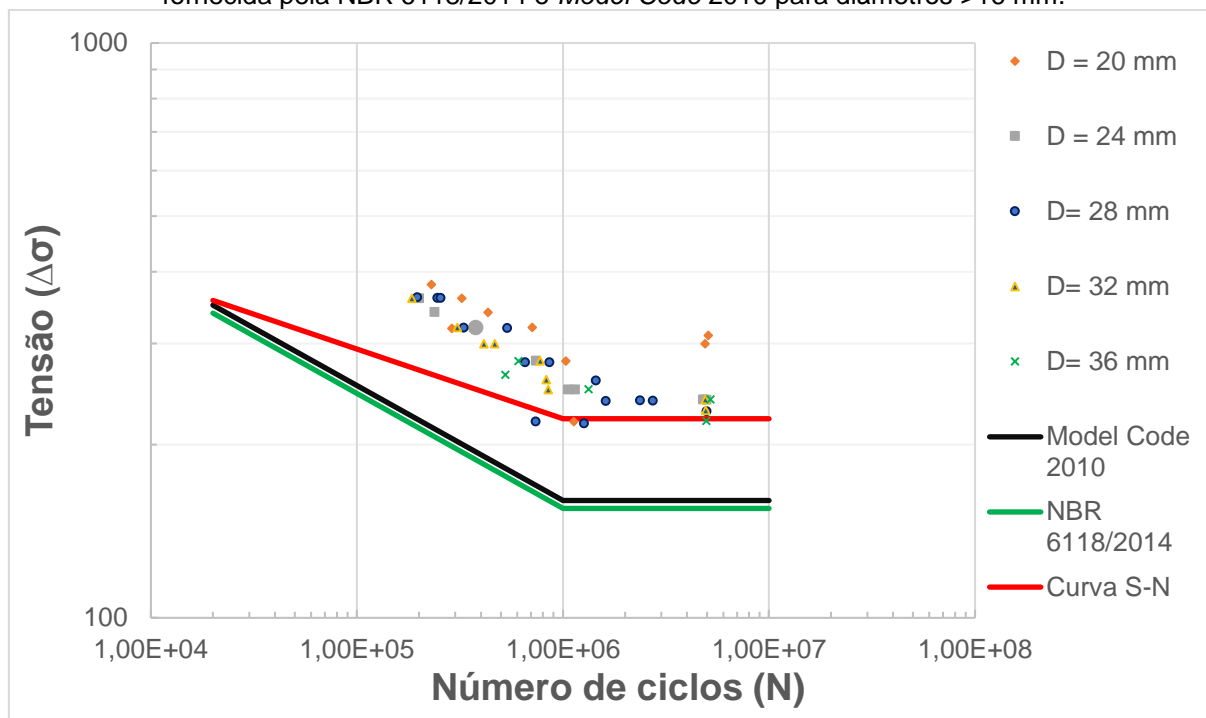
Fonte: Abel (1986) e Zheng e Abel (1999).

Comparando os limites de fadiga a 1×10^6 ciclos obtidos na Figura 22, observa-se que o limite de fadiga calculado dos dados coletados é de 247 MPa, sendo superior ao estipulado pela NBR 6118/2014, cujo valor é de 195 MPa e também maior que o valor que o *Model Code* 2010 considera, 210 MPa. Percebe-se que também a ciclos menores a 3×10^5 , o valor da resistência à fadiga se torna inferior aos estabelecidos pelas normas.

Para um intervalo de diâmetro maior que 16 mm, foram coletados 46 resultados de testes sendo que desse valor, 10 eram de vergalhões de 20 mm de diâmetro, 8 vergalhões de 24 mm, 14 vergalhões de 28 mm, 9 vergalhões de 32 mm

e 5 de 36 mm A Figura 23 mostra a curva S-N gerada para esse tipo de vergalhão e as curvas S-N consideradas nas normas estudadas.

Figura 23: Comparação curva S-N calculada para vergalhões temperados e revenidos (Refs. 5 e 7) e fornecida pela NBR 6118/2014 e *Model Code* 2010 para diâmetros >16 mm.



Fonte: Abel (1986) e Zheng e Abel (1999).

Para um intervalo de diâmetro maior que 16 mm, os vergalhões temperados e revenidos superaram novamente os valores estipulados pelas normas. O limite de fadiga calculado para um milhão de ciclos foi de 222 MPa, enquanto que para o Model Code 2010 é de 160 MPa e para NBR 6118/2014, de 155 Mpa. Foi possível perceber que, para as curvas S-N da Figura 22 e Figura 23 geradas para vergalhões temperados e revenidos, ambas as normas subavaliam os valores de limite de resistência para esse tipo de vergalhão.

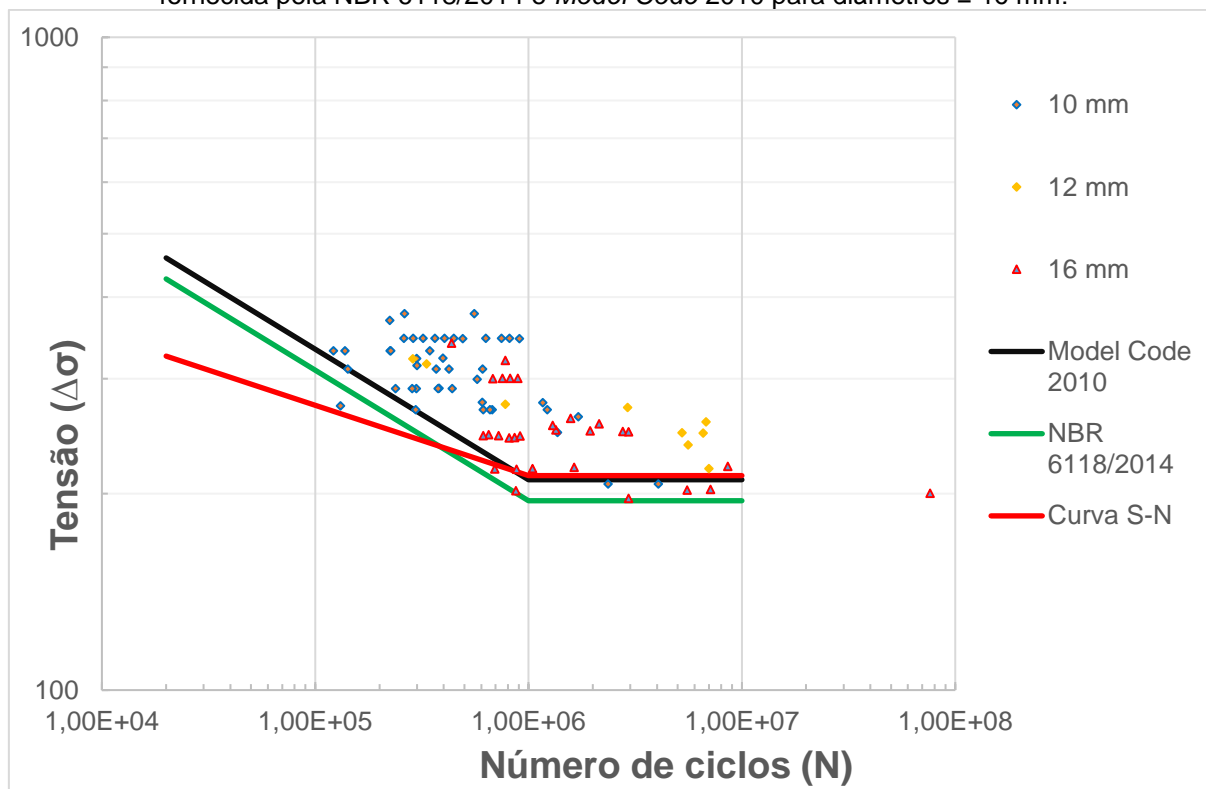
4.1.2.1.3 Trabalhada a frio

O último processo de fabricação a ser estudado é dos vergalhões trabalhados a frio. Para cálculo das curvas S-N foi considerado uma quantidade de 124 dados da bibliografia, sendo 83 deles para diâmetro menor ou igual a 16 mm e 41 para diâmetro maior que 16mm.

Dos 83 dados coletados de vergalhões trabalhados a frio para diâmetro menor ou igual a 16 mm, 45 deles eram de vergalhões com diâmetro igual a 10 mm, 09 para

vergalhões de 12 mm e 29 para vergalhões de 16 mm. A Figura 24 mostra a curva S-N calculada para esses dados e a comparação em relação às normas.

Figura 24: Comparação curva S-N calculada para vergalhões trabalhados a frio (Refs. 3, 4 e 6) e fornecida pela NBR 6118/2014 e *Model Code* 2010 para diâmetros ≤ 16 mm.

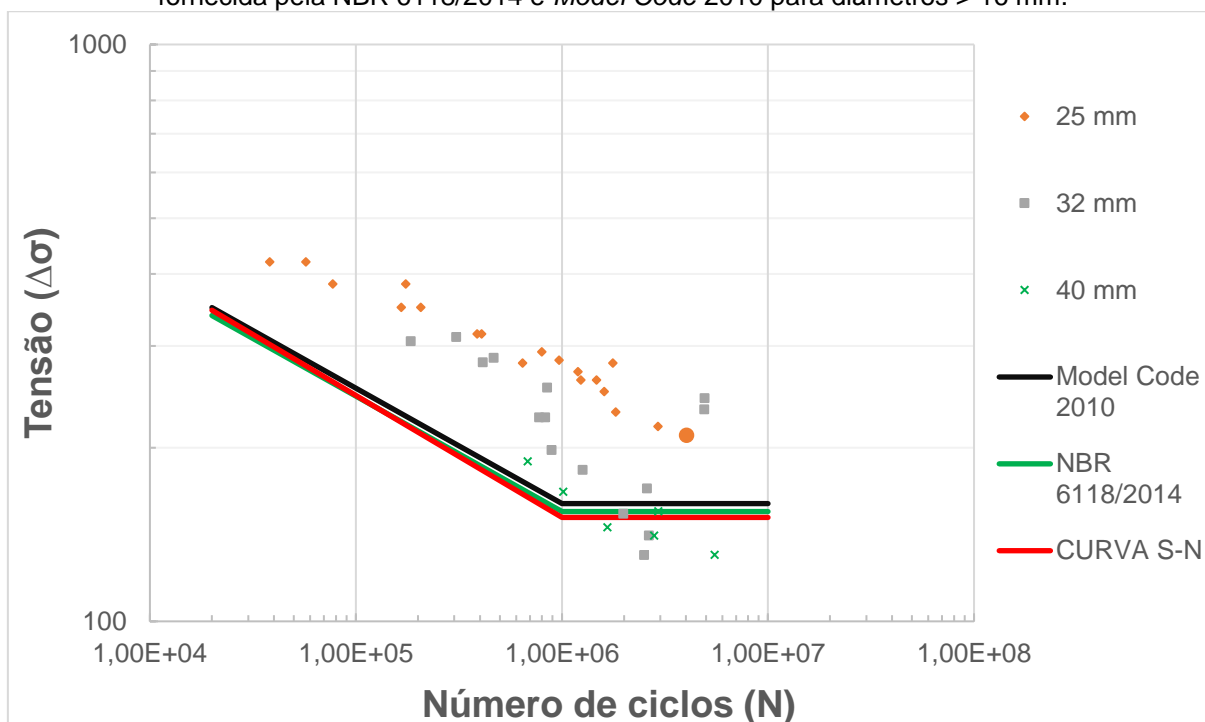


Fonte: Salah el Din e Lovegrove (1982), Tilly (1984) e Matsumoto (1988).

Observa-se pela Figura 24 que, para esse lote de vergalhões, o limite de fadiga, a 1×10^6 ciclos foi de 213 MPa, que é muito próximo ao calculado pela norma europeia (210 MPa). Contudo, para um intervalo menor de ciclos de vida, a resistência calculada se torna menor que as estipuladas em norma. Além disso, a inclinação da curva também é consideravelmente diferente das recomendadas em ambas as normas brasileiras e europeia.

Também foi analisado a resistência à fadiga para um intervalo de diâmetro superior, ou seja, acima de 16 mm. Os dados utilizados nesse caso, totalizaram 41. Deste número, 19 se referem a vergalhões com diâmetro de 25 mm, 15 de vergalhões de 32 mm e 7 de vergalhões de 40 mm. A Figura 25 representa as curvas S-N calculadas e estipuladas pelas normas.

Figura 25: Comparação curva S-N calculada para vergalhões trabalhados a frio (Refs. 1, 2, 3 e 4) e fornecida pela NBR 6118/2014 e *Model Code 2010* para diâmetros > 16 mm.



Fonte: Hanson, Burton e Hognestad (1968), Narayanaswamy et al. (1977), Salah el Din e Lovegrove (1982) e Tilly (1984).

Para um diâmetro maior que 16 mm, a curva S-N obtida para vergalhões trabalhados a frio apresentou um limite de fadiga muito próximo a ambas as normas. Neste caso, o limite de fadiga foi de 151 MPa enquanto que o *Model Code 2010* apresentou um valor de 160 MPa e a NBR 6118/2014, 155 MPa. A diferença percentual foi de 5,9% menor para a norma europeia e 2,6% menor para a norma brasileira.

A inclinação da reta também se mostra muito próxima à inclinação fornecidas nas normas. De todas as curvas geradas para construção de curvas S-N a partir dos dados obtidos da literatura, essa curva é a mais próxima à estipulada nas normas.

Na tabela 6 é possível verificar um resumo dos limites de fadiga encontrados nos dados experimentais e normativas.

Tabela 6: Resumo dos limites de fadiga encontrados no *Model Code* 2010, NBR 6118/2014 e diferentes tipos de processos de vergalhões para um número de ciclos de 1×10^6 .

Parâmetros	Limite de fadiga a 1×10^6 (MPa)	
	D ≤ 16 mm	D > 16 mm
Model Code 2010	210	160
NBR 6118/2014	195	155
LQ ⁽¹⁾	197	185
TF ⁽²⁾	213	151
TR ⁽³⁾	247	222

Obs.: 1 - Laminados a Quente, 2 - Trabalhados a Frio, 3- Temperados e Revenidos

Fonte: Autoria Própria

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi verificada a resistência à fadiga de vergalhões utilizando-se as curvas S-N. Os parâmetros avaliados em tais curvas foram o diâmetro e o processo de fabricação. Para a comparação com as normas foi adotado o limite de fadiga de 1×10^6 ciclos.

Pode-se perceber com esse trabalho que o diâmetro tem influência na resistência dos vergalhões, visto que para todos os parâmetros retirados de dados da literatura, os vergalhões com diâmetro menor ou igual a 16 mm, obtiveram resultados superiores quando aos vergalhões de diâmetros maiores.

Os principais fatores que influenciam nessa queda de resistência é a maior probabilidade de imperfeições superficiais, impurezas, e grãos de tamanhos maiores quanto maior é o diâmetro do vergalhão.

Quanto ao processo de fabricação, foi perceptível que o processo de temperamento e revenimento levou a uma maior resistência à fadiga dos vergalhões. Os vergalhões temperados e revenidos, tanto para diâmetros menores que 16 mm quanto maiores que 16 mm apresentaram suas resistências à fadiga superiores às consideradas na NBR 6118/2014, *Model Code 2010* e também para os dados de resistências dos demais processos de fabricação.

Essa resistência superior pode ser explicada, em partes, devido a nova microestrutura que é formada no processo de revenimento, a martensita, que tende a melhorar as propriedades mecânicas do aço conforme presente na literatura.

Observou-se também que o teor de carbono pode ter influência na resistência à fadiga de vergalhões laminados a quente e trabalhados a frio, ambos com a mesma microestrutura (ferrita e perlita). Quanto maior o teor de carbono, maior tendeu a ser a resistência à fadiga dos vergalhões.

Quando comparado os resultados de limite a fadiga dos diversos processos de fabricação com o *Model Code 2010* e NBR 6118/2014, percebeu-se que as curvas que apresentaram maior similaridade com as curvas geradas pelas normas foram as obtidas para vergalhões trabalhados a frio.

Pelo comportamento das curvas S-N quando analisada a resistência à fadiga aos diferentes processos de fabricação é observada a necessidade, portanto, de se especificar valores para cálculo da curva S-N considerando esses processos.

Para trabalhos futuros, sugere-se a busca por mais dados da literatura referentes aos parâmetros analisados neste estudo assim como a verificação da resistência à fadiga para outros parâmetros como teor de carbono, frequência e tipos de testes e país de origem.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Renato Neves de. **O MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS: ESTUDO E APLICAÇÕES PARA O ENSINO MÉDIO**. 2015. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Matemática, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2015.

AGUIAR, Felipe Leonardo de; MOREIRA JÚNIOR, Wanderley Innocêncio. **Ajuste de curvas por quadrados mínimos lineares**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2018. Disponível em: <http://www.mat.ufmg.br/gaal/aplicacoes/quadrados_minimos.pdf>. Acesso em: 20 out. 2018.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ARCELLOR MITTAL (Brasil) (Org.). **Manual do Processo de Fabricação de CA50S, CA25 e CA60 Nervurado**. Disponível em: <<http://longos.arcelormittal.com/pdf/produtos/construcao-civil/outros/manual-fabricacao-ca-50-ca-60.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2018.

Atlas of fatigue curves. Front Cover. Howard E. Boyer, American Society for Metals. American Society for Metals, 1986 - Technology & Engineering - 518 pages.

BANNANTINE, Julie A.; COMER, Jess J.; HANDROCK, James L.. **Fundamentals of Fatigue Analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1990. 271 p.

BATHIAS. **There is no infinite fatigue life in metallic materials**. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, [s.l.], v. 22, n. 7, p.559-565, Jul. 1999. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1460-2695.1999.00183.x>.

CARVALHO, João Dirceu Nogueira de. **Sobre as origens e desenvolvimento do concreto**. *Revista Tecnológica*, Maringá, v. 17, n. 1, p.19-28, jan. 2008.

CERVO, Tatiana Cureau. **Estudo da Resistência à fadiga de Concretos de Cimento Portland para pavimentação**. 2004. 220 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/ptr/lmp/download/tatianacervo.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2018.

DANTAS, J.P. R. **Investigação experimental da fadiga em lajes de pontes armadas com vergalhões ou telas soldadas**. 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

Domone, P., and Illston, J. (2001). **Construction materials: Their nature and behavior**, Spon Press, Oxon, U.K.

ESPECIFICAÇÃO BRASILEIRA 3 (EB3). **Barras e fios destinados a armaduras de concreto armado**. Rio de Janeiro, 1967.

FELÍCIO, Eduardo Alves. **ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DE CONCEITO DA PRODUÇÃO ENXUTA PARA REDUÇÃO DE RESÍDUOS EM UMA MANUFATURA DO RAMO SIDERÚRGICO**. 2012. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2012_1_Eduardo.pdf>. Acesso em: 20 out. 2018.

FIB - *Fédération Internationale du Béton*. **MODEL CODE 2010: Final Draft. Model Code Prepared by Special Activity Group 5**. Lausanne, 2011.

GERDAU (Brasil). **Produção de Aço Bruto**. 2018. Disponível em: <<http://gerdau.infoinvest.com.br/modulos/doc.asp?arquivo=00398010.WAN&doc=ian480.doc&language=ptb>>. Acesso em: 20 out. 2018.

HANSON, J. M.; BURTON, K.t.; HOGNESTAD, E.. Fatigue tests of reinforcing bars - Effect of deformation pattern. **Journal of the Pca Research and Development Laboratories**. Illinois, p. 1-13. set. 1968.

IIISTON, J. M; DOMONE, P. L. J.. **Construction Materials: Their nature and behaviour**. 3. ed. New York: Spon Press, 2002. 554 p.

JUNG TECNOLOGIA PARA TRATAMENTOS TÉRMICOS (Santa Catarina) (Ed.). **AUSTENITIZAÇÃO**. 2018. Disponível em: <http://www.jung.com.br/processos_aplicacoes/d/56/austenizacao>. Acesso em: 20 out. 2018.

KHAREWALI STEEL (India). **TMT Steel Bars**. 2018. Disponível em: <<http://www.kharewalisteel.com/tmt-steel-bars/>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

KOPAS, Peter et al. **Fatigue resistance of reinforcing steel bars**. Procedia Engineering: The 20th International Conference: Machine Modeling and Simulations, MMS 2015, Žilina, n. 136, p.193-197, 2016.

MACGREGOR, James; JHAMB, I.c.; NUTTAL, N.. **Fatigue strength of hot rolled deformed reinforcing bars**. Aci. Edmonton, p. 169-179. mar. 1971.

MELO, Anderson Martins de. **Análise de Correlação e Regressão Linear Simples: Contabilometria Aplicada em Indicadores Econômico-Financeiros de 2009 das Empresas de Capital Aberto do Seguimento de Construção Civil Integrantes do Novo Mercado**. In: CONGRESSO UFSC DE CONTROLADORIA E FINANÇAS E INICIAÇÃO Científica EM CONTABILIDADE, 5., 2014, Florianópolis. **Congresso**. Londrina: Uel, 2014. p. 1 - 16.

MEYERS, M. A., Chawla, K.K., **Mechanical behavior of Materials**, 1ª ed., Prentice Hall, 1998.

NARAYANASWAMY, V. P. et al. Experimental investigations on the fatigue behaviour of cold worked deformed bars. **Materiaux Et Constructions**, India, v. 10, n. 57, p.153-158, jan. 1977.

Redação indústria. **O Aço na Construção Civil**. 2014. Disponível em: <<https://www.industriahoje.com.br/o-aco-na-construcao-civil>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

ROCHA, Marina. **Fatigue Behaviour of Steel Reinforcement Bars at Very High Number of Cycles**. 2014. 217 f. Tese (Doutorado) – Engenharia Estrutural, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, 2014.

ROCHA, Marina; BRUEHWILER, Eugen; NUSSBAUMER, Alain. Microstructural influence on the scatter in the fatigue life of steel reinforcement bars. **International Journal Of Fatigue**. Oxford, p. 205-212. jan. 2015.

ROCHA, Marina; BRÜHWILER, Eugen; NUSSBAUMER, Alain. **Geometrical and Material Characterization of Quenched and Self-Tempered Steel Reinforcement Bar**. Journal of Materials in Civil Engineering. Lausanne, p. 1-12. jun. 2016.

SALAH EL DIN, A.S.; LOVEGROVE, J.M.. Fatigue of Cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach. **Int. J. Fatigue**. Inglaterra, Jan. 1982. p. 15-26.

SCHNEIDER, C R; MADDOX, S J. **BEST PRACTICE GUIDE ON STATISTICAL ANALYSIS OF FATIGUE DATA**. Cambridge: International Institute of Welding, 2003.

SILVA, Hezio Rosa da. **EFEITO DO TAMANHO DE GRÃO ULTRAFINO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO Nb-Ti LAMINADO A MORNO SEGUIDO DE RECOZIMENTO INTERCRÍTICO E SUBCRÍTICO**. 2007. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Metalurgia Física, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/MAPO-7R5Q9T/1030m.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 out. 2018.

SILVA, Tais Medeiros. **TESTE t-STUDENT TESTE IGUALDADE DE VARIÂNCIAS**. Pará: Universidade Federal do Pará, 2014. Disponível em: <http://www.ufpa.br/heliton/arquivos/aplicada/seminarios/M1_01_Testes_t_Tais.pdf>. Acesso em: 20 out. 2018.

STEPHENS, Ralph I. et al. **Metal Fatigue in Engineering**. 2. ed. Canada: Wiley Interscience, 1980. 472 p.

TATA TISCON (India). **TATA TISCON 500D**. 2018. Disponível em: <<http://www.tatatiscon.co.in/product-brochures/500D%20bro.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2018.

TILLY, G. P.. **Fatigue testing and performance of steel reinforcement bars**. *Matériaux Et Constructions*, [s.l.], v. 17, n. 1, p.43-49, Jan. 1984. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/bf02474055>.

TILLY, G. P.. **Fatigue of steel reinforcement bars in concrete: a review**. *Fatigue & Fracture of Engineering Materials and Structures*, [s.l.], v. 2, n. 3, p.251-268, out. 1979. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1460-2695.1979.tb01084.x>.

UFPR. **Constituintes estruturais de equilíbrio dos aços**. 2018. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasivan/processoscorte_arquivos/FerroAcoConceitos.pdf>. Acesso em: 20 out. 2018.

ZHENG, Hang; ABEL, Andras Andrew. Fatigue Properties of Reinforcing Steel Produced by TEMPCORE Process. **Journal of Materials in Civil Engineering**, [s.l.], v. 11, n. 2, p.158-165, maio 1999. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)0899-1561\(1999\)11:2\(158\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)0899-1561(1999)11:2(158)).

APÉNDICE A

Coordenadas Salaheldin1982-Artur 1979-Benett				
Tipo	X	Y	S	N
16 mm	65,616	272,415	340,0672	4,37E+05
16 mm	72,694	261,005	319,9369	7,77E+05
16 mm	71,09	249,71	300,0095	6,81E+05
16 mm	72,33	249,793	300,1559	7,55E+05
16 mm	73,356	249,76	300,0977	8,19E+05
16 mm	74,496	249,743	300,0677	8,91E+05
16 mm	78,3	223,731	254,1755	1,30E+06
16 mm	80,665	227,402	260,6521	1,58E+06
16 mm	84,931	224,707	255,8974	2,14E+06
12 mm	60,408	164,184	321,5297	2,87E+05
12 mm	62,216	160,881	315,7096	3,33E+05
12 mm	72,7	137,211	274,0008	7,78E+05
12 mm	88,675	135,459	270,9136	2,91E+06
12 mm	99,011	127,781	257,3843	6,79E+06
12 mm	95,957	122,302	247,7298	5,25E+06
12 mm	98,614	122,225	247,5941	6,58E+06
12 mm	96,674	116,382	237,2982	5,60E+06
12 mm	99,426	105,65	218,3874	7,00E+06
10 mm - x	59,214	277,928	377,0321	2,63E+05
10 mm - x	68,607	277,972	377,1102	5,57E+05
10 mm - x	72,196	260,338	345,828	7,46E+05
10 mm - x	73,288	260,327	345,8085	8,15E+05
10 mm - x	63,89	228,858	289,9834	3,80E+05
10 mm - o	57,284	272,938	368,18	2,24E+05
10 mm - o	59,092	260,26	345,6896	2,60E+05
10 mm - o	60,481	260,304	345,7677	2,88E+05
10 mm - o	61,76	260,238	345,6506	3,20E+05
10 mm - o	63,303	260,26	345,6896	3,64E+05
10 mm - o	64,692	260,238	345,6506	4,04E+05
10 mm - o	65,883	260,216	345,6116	4,46E+05
10 mm - o	67,162	260,172	345,5335	4,91E+05
10 mm - o	70,116	260,238	345,6506	6,30E+05
10 mm - o	74,702	260,172	345,5335	9,05E+05
10 mm - o	61	246,998	322,1632	2,99E+05
10 mm - o	64,457	247,031	322,2218	3,96E+05
10 mm - o	61,045	242,488	314,1626	3,00E+05
10 mm - o	68,983	233,989	299,0856	5,74E+05
10 mm - o	81,826	213,155	262,1267	1,71E+06
10 mm - o	77,197	220,77	275,6355	1,17E+06

Coordenadas - Tilly (1984)				
Tipo	X	Y	S	N
A	71,188	215,809	246,00	6,51E+05
A	72,632	212,303	218,11	6,95E+05
A	73,481	215,737	245,24	7,24E+05
A	76,012	215,544	243,37	8,13E+05
A	77,268	215,566	243,57	8,62E+05
A	77,727	212,244	217,85	8,80E+05
A	78,516	215,714	244,99	9,12E+05
A	77,524	208,694	201,89	8,72E+05
A	103,754	208,096	196,62	2,94E+06
A	174,358	208,321	200,21	7,64E+07
B	69,942	215,755	245,43	6,13E+05
B	81,193	212,36	218,37	1,05E+06
B	85,631	216,229	250,46	1,34E+06
B	90,041	212,602	219,46	1,64E+06
B	94,588	216,129	249,40	1,94E+06
B	102,207	216,09	248,98	2,77E+06
B	103,783	216,068	248,75	2,95E+06
B	117,619	208,798	202,36	5,54E+06
B	123,093	208,897	202,80	7,14E+06
B	127,16	212,755	220,15	8,59E+06
C	92,957	216,292	251,13	1,83E+06
C	95,972	216,292	251,13	2,06E+06
C	97,973	212,66	219,72	2,29E+06
C	153,487	209,005	203,29	2,92E+07
D	71,436	217,487	263,81	6,59E+05
D	80,173	218,386	278,07	9,85E+05
D	95,971	218,65	282,83	2,06E+06
D	104,239	218,171	274,19	3,00E+06
D	122,454	217,302	261,85	6,92E+06
D	126,465	218,068	272,33	8,32E+06
D	156,246	217,545	264,42	3,34E+07
D	167,078	208,411	200,62	5,46E+07
E	56,989	215,788	245,78	3,38E+05
E	63,151	215,932	247,31	4,48E+05
E	71,083	212,25	217,88	6,48E+05
E	96,34	212,393	218,52	2,10E+06
F	54,597	218,121	273,29	3,00E+05
F	74,714	215,67	244,53	7,66E+05
F	79,231	212,349	218,32	9,43E+05
F	83,718	214,882	237,36	1,21E+06
F	124,125	212,093	217,17	7,49E+06

Coordenadas Tilly (1984)				
Tipo	X	Y	S	N
A-40	95,589	145,033	166,54	2,02E+06
A-40	102,546	142,327	140,81	2,80E+06
A-40	103,743	143,799	155,27	2,94E+06
A-40	117,535	140,98	130,41	5,52E+06
G-40	72,209	147,615	189,53	6,82E+05
G-40	80,72	145,233	167,88	1,01E+06
G-40	90,389	142,847	145,71	1,66E+06
G-40	99,969	140,956	130,28	2,51E+06
A-40*	78,087	151,502	198,21	8,94E+05
A-40*	95,245	143,633	153,60	1,99E+06
A-40*	101,628	147,398	189,04	2,70E+06
A-40*	107,752	144,708	163,57	3,56E+06
A-32*	92,993	147,521	189,32	1,84E+06
A-32*	100,633	145,537	169,89	2,59E+06
A-32*	101,202	142,329	140,83	2,65E+06
C-32 *	84,438	146,995	183,09	1,26E+06
C-32 *	87,525	151,295	197,75	1,47E+06
C-32 *	92,855	149,305	193,30	1,83E+06
A-32	92,147	154,892	224,21	1,78E+06
A-33	94,969	154,914	224,44	1,97E+06
A-34	128,295	153,15	208,10	9,02E+06

Coordenadas (Abel 1986)				
Tipo	X	Y	S	N
12 mm	55,768	148,364	360,3877	1,96E+05
12 mm	65,121	142,896	320,3877	4,19E+05
12 mm	68,704	137,423	280,3511	5,61E+05
12 mm	75,743	131,927	240,1463	9,96E+05
20 mm	58,457	116,362	360,8881	2,47E+05
20 mm	60,507	110,651	318,8305	2,89E+05
20 mm	76,079	105,321	279,5788	1,03E+06
20 mm	76,885	97,174	219,5817	1,13E+06
28 mm	55,824	85,318	361,1698	1,96E+05
28 mm	62,13	79,63	319,4261	3,30E+05
28 mm	70,635	74,013	278,2034	6,57E+05
28 mm	72,079	65,993	219,3454	7,39E+05
28 mm	78,049	65,795	217,8923	1,27E+06
28 mm	87,811	68,589	238,3972	2,73E+06

Coordenadas (Zheng 1999)				
Tipo	X	Y	S	N
12 mm	53,591	244,206	380,023	2,89E+05
12 mm	57,252	238,738	359,6118	3,42E+05
12 mm	64,021	233,424	339,7754	4,66E+05
12 mm	65,586	233,391	339,6522	4,99E+05
12 mm	69,6	227,956	319,3642	6,02E+05
12 mm	115,351	225,229	309,1847	4,98E+06
12 mm	117,468	225,233	309,1996	5,50E+06
12 mm	115,307	222,697	299,7331	4,97E+06
16mm	55,423	233,457	339,8986	3,13E+05
16mm	66,535	228,055	319,7337	5,23E+05
16mm	71,012	222,675	299,651	6,46E+05
16mm	80,438	217,383	279,8967	9,96E+05
16mm	115,76	214,627	269,609	5,07E+06
16mm	115,296	212,069	260,0603	4,97E+06
20 mm	48,357	200,802	379,7687	2,30E+05
20 mm	56,063	195,411	359,6035	3,23E+05
20 mm	62,49	190,174	340,0143	4,34E+05
20 mm	73,09	184,839	320,0586	7,11E+05
20 mm	115,777	182,082	309,746	5,08E+06
20 mm	114,938	179,381	299,6428	4,89E+06
24 mm	45,728	195,454	359,7643	2,01E+05
24 mm	49,124	190,196	340,0966	2,39E+05
24 mm	59,498	184,793	319,8865	3,78E+05
24 mm	73,985	174,132	280,0087	7,41E+05
24 mm	81,427	165,996	249,5758	1,06E+06
24 mm	82,683	166,013	249,6394	1,14E+06
24 mm	114,473	163,339	239,6372	4,80E+06
24 mm	115,448	163,306	239,5137	5,00E+06
28 mm	49,798	152,348	360,0941	2,46E+05
28 mm	50,636	152,353	360,1129	2,56E+05
28 mm	67,062	141,423	318,9737	5,37E+05
28 mm	77,293	130,628	278,3426	8,63E+05
28 mm	87,16	125,393	258,6387	1,44E+06
28 mm	89,697	120,002	238,3477	1,61E+06
28 mm	98,726	120,112	238,7617	2,37E+06
28 mm	115,407	117,4	228,554	4,99E+06
32 mm	43,364	108,527	359,7436	1,85E+05
32 mm	55,072	97,171	319,8525	3,07E+05
32 mm	61,5	91,406	299,6013	4,13E+05
32 mm	64,102	91,45	299,7559	4,68E+05
32 mm	75,027	85,784	279,8525	7,77E+05
32 mm	76,516	80,029	259,6364	8,32E+05
32 mm	76,957	77,174	249,6074	8,49E+05
32 mm	115,092	74,363	239,733	4,92E+06
32 mm	115,114	71,486	229,6268	4,93E+06
36 mm	66,651	81,484	264,7475	5,26E+05
36 mm	69,815	85,729	279,6593	6,09E+05
36 mm	85,503	77,23	249,8042	1,33E+06
36 mm	116,251	74,342	239,6593	5,20E+06
36 mm	115,291	68,719	219,9069	4,96E+06

APÊNDICE B

Artigo	Pg	Tipo de teste	Freq. (Hz)	D (mm)	%C	R	Fu (Mpa)	Fy (Mpa)	Tensão de ruptura (MPa)	Número de ciclos	Processo de Fabricação
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,2	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	377,03	2,63E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,2	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	377,11	5,57E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,2	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	345,83	7,46E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,2	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	345,81	8,15E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,2	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	289,98	3,80E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5-5,0	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	368,18	2,24E+05	Trabalhada a frio

Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5-5,0	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	345,69	2,60E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5-5,0	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	345,77	2,88E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5-5,0	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	345,65	3,20E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5-5,0	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	345,69	3,64E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5-5,0	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	345,65	4,04E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5-5,0	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	345,61	4,46E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5-5,0	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	345,53	4,91E+05	Trabalhada a frio

Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5-5,0	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	345,65	6,30E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5-5,0	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	345,53	9,05E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5-5,0	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	322,16	2,99E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5-5,0	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	322,22	3,96E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5-5,0	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	314,16	3,00E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5-5,0	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	299,09	5,74E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5-5,0	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	262,13	1,71E+06	Trabalhada a frio

Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5-5,0	10	0,24	0,12 - 0,16	540	435	275,64	1,17E+06	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,20	700	496	206,84	4,06E+06	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,20	700	496	206,84	2,36E+06	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,17	700	496	248,21	1,37E+06	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,15	700	496	268,89	6,76E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,15	700	496	268,89	6,14E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,15	700	496	268,89	1,23E+06	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,15	700	496	268,89	6,59E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,15	700	496	268,89	2,96E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,15	700	496	275,79	6,08E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,14	700	496	289,58	2,38E+05	Trabalhada a frio

A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,14	700	496	289,58	2,98E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,14	700	496	289,58	3,77E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,14	700	496	289,58	4,39E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,14	700	496	289,58	2,85E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,13	700	496	310,26	6,09E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,13	700	496	310,26	1,42E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,13	700	496	310,26	4,24E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,13	700	496	310,26	3,69E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,13	700	496	330,94	2,25E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,13	700	496	330,94	3,45E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,13	700	496	330,94	2,26E+05	Trabalhada a frio

A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,13	700	496	330,94	1,22E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,13	700	496	330,94	1,38E+05	Trabalhada a frio
A study on Fatigue behaviour of cold-worked deformed reinforcing bars - Matsumoto (1988)	180	Axial	10,0	10	0,42	0,11	700	496	272,32	1,32E+05	Trabalhada a frio
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999) - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	12	0,15	0,00	521	438	380,02	2,89E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999) - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	12	0,15	0,00	521	438	359,61	3,42E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999) - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	12	0,15	0,00	521	438	339,78	4,66E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999) - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	12	0,15	0,00	521	438	339,65	4,99E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999) - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	12	0,15	0,00	521	438	319,36	6,02E+05	Temperada e Revenida

Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999) - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	12	0,15	0,00	521	438	309,18	4,98E+06	Temperada e Revenida
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	3,0	12	0,24	0,18 - 0,25	540	435	321,53	2,87E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	3,0	12	0,24	0,18 - 0,25	540	435	315,71	3,33E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	3,0	12	0,24	0,18 - 0,25	540	435	274,00	7,78E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	3,0	12	0,24	0,18 - 0,25	540	435	270,91	2,91E+06	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	3,0	12	0,24	0,18 - 0,25	540	435	257,38	6,79E+06	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	3,0	12	0,24	0,18 - 0,25	540	435	247,73	5,25E+06	Trabalhada a frio

Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	3,0	12	0,24	0,18 - 0,25	540	435	247,59	6,58E+06	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	3,0	12	0,24	0,18 - 0,25	540	435	237,30	5,60E+06	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982) - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	3,0	12	0,24	0,18 - 0,25	540	435	218,39	7,00E+06	Trabalhada a frio
Fatigue of Tempcore Reinforcing Bars - The effect of Galvanizing - Abel (1986) - Abel (1986)	329	Flexão	6,0	12	0,19	0,00	527	442	360,39	1,96E+05	Temperada e Revenida
Fatigue of Tempcore Reinforcing Bars - The effect of Galvanizing - Abel (1986)	329	Flexão	6,0	12	0,19	0,00	527	442	320,39	4,19E+05	Temperada e Revenida
Fatigue of Tempcore Reinforcing Bars - The effect of Galvanizing - Abel (1986)	329	Flexão	6,0	12	0,19	0,00	527	442	280,35	5,61E+05	Temperada e Revenida
Fatigue of Tempcore Reinforcing Bars - The effect of Galvanizing - Abel (1986)	329	Flexão	6,0	12	0,19	0,00	527	442	240,15	9,96E+05	Temperada e Revenida
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984) - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,20	0,20	530	460	246,00	6,51E+05	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,20	0,20	530	460	218,11	6,95E+05	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,20	0,20	530	460	245,24	7,24E+05	Trabalhada a frio

Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,20	0,20	530	460	243,37	8,13E+05	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,20	0,20	530	460	243,57	8,62E+05	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,20	0,20	530	460	217,85	8,80E+05	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,20	0,20	530	460	244,99	9,12E+05	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,20	0,20	530	460	201,89	8,72E+05	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,20	0,20	530	460	196,62	2,94E+06	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,20	0,20	530	460	200,21	7,64E+07	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,11	0,20	530	460	245,43	6,13E+05	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,11	0,20	530	460	218,37	1,05E+06	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,11	0,20	530	460	250,46	1,34E+06	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,11	0,20	530	460	219,46	1,64E+06	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,11	0,20	530	460	249,40	1,94E+06	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,11	0,20	530	460	248,98	2,77E+06	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,11	0,20	530	460	248,75	2,95E+06	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,11	0,20	530	460	202,36	5,54E+06	Trabalhada a frio

Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,11	0,20	530	460	202,80	7,14E+06	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,11	0,20	530	460	220,15	8,59E+06	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,12	0,20	530	460	251,13	1,83E+06	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,12	0,20	530	460	251,13	2,06E+06	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,12	0,20	530	460	219,72	2,29E+06	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,12	0,20	530	460	203,29	2,92E+07	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,17	0,20	530	460	263,81	6,59E+05	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,17	0,20	530	460	278,07	9,85E+05	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,17	0,20	530	460	282,83	2,06E+06	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,17	0,20	530	460	274,19	3,00E+06	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,17	0,20	530	460	261,85	6,92E+06	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,17	0,20	530	460	272,33	8,32E+06	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,17	0,20	530	460	264,42	3,34E+07	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,17	0,20	530	460	200,62	5,46E+07	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,24	0,20	530	460	245,78	3,38E+05	Laminada

Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,24	0,20	530	460	247,31	4,48E+05	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,24	0,20	530	460	217,88	6,48E+05	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,24	0,20	530	460	218,52	2,10E+06	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,33	0,20	530	460	273,29	3,00E+05	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,33	0,20	530	460	244,53	7,66E+05	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,33	0,20	530	460	218,32	9,43E+05	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,33	0,20	530	460	237,36	1,21E+06	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	16	0,33	0,20	530	460	217,17	7,49E+06	Laminada
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	16	0,16	0,00	537	443	309,20	5,50E+06	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	16	0,16	0,00	537	443	299,73	4,97E+06	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	16	0,16	0,00	537	443	339,90	3,13E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	16	0,16	0,00	537	443	319,73	5,23E+05	Temperada e Revenida

Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	16	0,16	0,00	537	443	299,65	6,46E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	16	0,16	0,00	537	443	279,90	9,96E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	16	0,16	0,00	537	443	269,61	5,07E+06	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	16	0,16	0,00	537	443	260,06	4,97E+06	Temperada e Revenida
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5 - 1,0	16	0,24	0,13 - 0,17	540	435	340,07	4,37E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5 - 1,0	16	0,24	0,13 - 0,17	540	435	319,94	7,77E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5 - 1,0	16	0,24	0,13 - 0,17	540	435	300,01	6,81E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5 - 1,0	16	0,24	0,13 - 0,17	540	435	300,16	7,55E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5 - 1,0	16	0,24	0,13 - 0,17	540	435	300,10	8,19E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5 - 1,0	16	0,24	0,13 - 0,17	540	435	300,07	8,91E+05	Trabalhada a frio

Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5 - 1,0	16	0,24	0,22 - 0,24	540	435	254,18	1,30E+06	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5 - 1,0	16	0,24	0,22 - 0,24	540	435	260,65	1,58E+06	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	23	Flexão	0,5 - 1,0	16	0,24	0,22 - 0,24	540	435	255,90	2,14E+06	Trabalhada a frio
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	20	0,17	0,00	527	430	379,77	2,30E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	20	0,17	0,00	527	430	359,60	3,23E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	20	0,17	0,00	527	430	340,01	4,34E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	20	0,17	0,00	527	430	320,06	7,11E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	20	0,17	0,00	527	430	309,75	5,08E+06	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	20	0,17	0,00	527	430	299,64	4,89E+06	Temperada e Revenida
Fatigue of Tempcore Reinforcing Bars - The effect of Galvanizing - Abel (1986)	329	Flexão	6,0	20	0,19	0,00	527	417	360,89	2,47E+05	Temperada e Revenida

Fatigue of Tempcore Reinforcing Bars - The effect of Galvanizing - Abel (1986)	329	Flexão	6,0	20	0,19	0,00	527	417	318,83	2,89E+05	Temperada e Revenida
Fatigue of Tempcore Reinforcing Bars - The effect of Galvanizing - Abel (1986)	329	Flexão	6,0	20	0,19	0,00	527	417	279,58	1,03E+06	Temperada e Revenida
Fatigue of Tempcore Reinforcing Bars - The effect of Galvanizing - Abel (1986)	329	Flexão	6,0	20	0,19	0,00	527	417	219,58	1,13E+06	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	24	0,20	0,00	557	455	359,76	2,01E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	24	0,20	0,00	557	455	340,10	2,39E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	24	0,20	0,00	557	455	319,89	3,78E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	24	0,20	0,00	557	455	280,01	7,41E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	24	0,20	0,00	557	455	249,58	1,06E+06	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	24	0,20	0,00	557	455	249,64	1,14E+06	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	24	0,20	0,00	557	455	239,64	4,80E+06	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	24	0,20	0,00	557	455	239,51	5,00E+06	Temperada e Revenida

Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968) - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,37	0,10	515	279	273,72	8,89E+04	Laminada
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,37	0,10	515	279	273,72	1,29E+05	Laminada
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,37	0,12	515	279	244,76	2,20E+05	Laminada
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,37	0,12	515	279	244,76	3,34E+05	Laminada
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,37	0,12	515	279	230,97	3,64E+05	Laminada
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,37	0,13	515	279	217,87	5,07E+05	Laminada
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,37	0,13	515	279	217,18	6,27E+05	Laminada
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,37	0,14	515	279	203,39	5,17E+05	Laminada
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,37	0,14	515	279	203,39	5,75E+05	Laminada

Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,37	0,14	515	279	203,39	9,03E+05	Laminada
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,37	0,15	515	279	189,60	1,43E+06	Laminada
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,37	0,15	515	279	189,60	1,94E+06	Laminada
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,37	0,16	515	279	175,82	2,82E+06	Laminada
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,37	0,16	515	279	175,82	2,96E+06	Laminada
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,18	0,07	532	433	419,89	3,82E+04	Trabalhada a frio
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,18	0,07	532	433	419,89	5,73E+04	Trabalhada a frio
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,18	0,07	532	433	384,72	7,72E+04	Trabalhada a frio
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,18	0,07	532	433	384,72	1,75E+05	Trabalhada a frio
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,18	0,08	532	433	350,25	1,66E+05	Trabalhada a frio

Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,18	0,08	532	433	350,25	2,07E+05	Trabalhada a frio
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,18	0,09	532	433	315,09	4,08E+05	Trabalhada a frio
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,18	0,09	532	433	315,09	3,88E+05	Trabalhada a frio
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,18	0,10	532	433	280,61	6,45E+05	Trabalhada a frio
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,18	0,10	532	433	280,61	1,77E+06	Trabalhada a frio
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,18	0,11	532	433	262,00	1,24E+06	Trabalhada a frio
Fatigue tests of reinforcing bars effect of deformation pattern - J. M. Hanson, K.T. Burton e E. Hognestad (1968)	6	Flexão	8,3	25	0,18	0,11	532	433	262,00	1,47E+06	Trabalhada a frio
Experimental Investigations on the fatigue behaviour of cold-worked deformed bars - Narayanaswamy et. al (1977)	156-157	Flexão	8,0	25	0,25	0,17	578	465	210,00	4,04E+06	Trabalhada a frio
Experimental Investigations on the fatigue behaviour of cold-worked deformed bars - Narayanaswamy et. al (1977)	156-157	Flexão	8,0	25	0,25	0,16	572	456	217,86	2,93E+06	Trabalhada a frio

Experimental Investigations on the fatigue behaviour of cold-worked deformed bars - Narayanaswamy et. al (1977)	156-157	Flexão	8,0	25	0,25	0,15	578	465	230,62	1,83E+06	Trabalhada a frio
Experimental Investigations on the fatigue behaviour of cold-worked deformed bars - Narayanaswamy et. al (1977)	156-157	Flexão	8,0	25	0,25	0,14	578	465	250,25	1,60E+06	Trabalhada a frio
Experimental Investigations on the fatigue behaviour of cold-worked deformed bars - Narayanaswamy et. al (1977)	156-157	Flexão	8,0	25	0,25	0,13	572	456	270,85	1,20E+06	Trabalhada a frio
Experimental Investigations on the fatigue behaviour of cold-worked deformed bars - Narayanaswamy et. al (1977)	156-157	Flexão	8,0	25	0,25	0,13	579	466	283,61	9,70E+05	Trabalhada a frio
Experimental Investigations on the fatigue behaviour of cold-worked deformed bars - Narayanaswamy et. al (1977)	156-157	Flexão	8,0	25	0,25	0,13	579	466	293,42	8,00E+05	Trabalhada a frio
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	28	0,13	0,00	541	443	360,09	2,46E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	28	0,13	0,00	541	443	360,11	2,56E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	28	0,13	0,00	541	443	318,97	5,37E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	28	0,13	0,00	541	443	278,34	8,63E+05	Temperada e Revenida

Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	28	0,13	0,00	541	443	258,64	1,44E+06	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	28	0,13	0,00	541	443	238,35	1,61E+06	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	28	0,13	0,00	541	443	238,76	2,37E+06	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	28	0,13	0,00	541	443	228,55	4,99E+06	Temperada e Revenida
Fatigue of Tempcore Reinforcing Bars - The effect of Galvanizing - Abel (1986)	329	Flexão	6,0	28	0,19	0,00	560	455	361,17	1,96E+05	Temperada e Revenida
Fatigue of Tempcore Reinforcing Bars - The effect of Galvanizing - Abel (1986)	329	Flexão	6,0	28	0,19	0,00	560	455	319,43	3,30E+05	Temperada e Revenida
Fatigue of Tempcore Reinforcing Bars - The effect of Galvanizing - Abel (1986)	329	Flexão	6,0	28	0,19	0,00	560	455	278,20	6,57E+05	Temperada e Revenida
Fatigue of Tempcore Reinforcing Bars - The effect of Galvanizing - Abel (1986)	329	Flexão	6,0	28	0,19	0,00	560	455	219,35	7,39E+05	Temperada e Revenida
Fatigue of Tempcore Reinforcing Bars - The effect of Galvanizing - Abel (1986)	329	Flexão	6,0	28	0,19	0,00	560	455	217,89	1,27E+06	Temperada e Revenida
Fatigue of Tempcore Reinforcing Bars - The effect of Galvanizing - Abel (1986)	329	Flexão	6,0	28	0,19	0,00	560	455	238,40	2,73E+06	Temperada e Revenida
Fatigue Testing and performance of steel and reforcing bars - Tilly (1984)	45	Flexão	3,0	32	0,25	0,20	530	460	130,28	2,51E+06	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reforcing bars - Tilly (1984)	45	Flexão	3,0	32	0,25	0,20	530	460	198,21	8,94E+05	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reforcing bars - Tilly (1984)	45	Flexão	3,0	32	0,25	0,20	530	460	153,60	1,99E+06	Trabalhada a frio

Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Flexão	3,0	32	0,25	0,12	530	460	189,04	2,70E+06	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Flexão	3,0	32	0,25	0,12	530	460	163,57	3,56E+06	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Flexão	3,0	32	0,25	0,12	530	460	189,32	1,84E+06	Laminada
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	32	0,25	0,20	530	460	169,89	2,59E+06	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	32	0,25	0,20	530	460	140,83	2,65E+06	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	32	0,25	0,20	530	460	183,09	1,26E+06	Trabalhada a frio
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	32	0,18	0,00	538	416	359,74	1,85E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	32	0,18	0,00	538	416	319,85	3,07E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	32	0,18	0,00	538	416	299,60	4,13E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	32	0,18	0,00	538	416	299,76	4,68E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	32	0,18	0,00	538	416	279,85	7,77E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	32	0,18	0,00	538	416	259,64	8,32E+05	Temperada e Revenida

Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	32	0,18	0,00	538	416	249,61	8,49E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	32	0,18	0,00	538	416	239,73	4,92E+06	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	32	0,18	0,00	538	416	229,63	4,93E+06	Temperada e Revenida
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	22	Flexão	1,0	32	0,24	0,19	540	435	305,81	3,01E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	22	Flexão	1,0	32	0,24	0,19	540	435	311,16	2,75E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	22	Flexão	1,0	32	0,24	0,21	540	435	281,26	6,00E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	22	Flexão	1,0	32	0,24	0,21	540	435	286,24	4,44E+05	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	22	Flexão	1,0	32	0,24	0,25	540	435	225,87	2,96E+06	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	22	Flexão	1,0	32	0,24	0,25	540	435	225,87	3,11E+06	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	22	Flexão	1,0	32	0,24	0,23	540	435	254,30	1,00E+06	Trabalhada a frio

Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	22	Flexão	1,0	32	0,24	0,23	540	435	233,11	2,16E+06	Trabalhada a frio
Fatigue of cold worked ribbed reinforcing bar - a fracture mechanics approach - A. S. Salah el Din and J.M. Lovegrove (1982)	22	Flexão	1,0	32	0,24	0,23	540	435	243,71	1,09E+06	Trabalhada a frio
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	36	0,17	0,00	556	433	264,75	5,26E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	36	0,17	0,00	556	433	279,66	6,09E+05	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	36	0,17	0,00	556	433	249,80	1,33E+06	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	36	0,17	0,00	556	433	239,66	5,20E+06	Temperada e Revenida
Fatigue properties of reinforcing steel produced by tempcore process - Hang Zheng e Andras Andrew Abel (1999)	161	Flexão	6,0	36	0,17	0,00	556	433	219,91	4,96E+06	Temperada e Revenida
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	40	0,25	0,20	530	460	166,54	2,02E+06	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	40	0,25	0,20	530	460	140,81	2,80E+06	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	40	0,25	0,20	530	460	155,27	2,94E+06	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Axial	150,0	40	0,25	0,20	530	460	130,41	5,52E+06	Trabalhada a frio

Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Flexão	3,0	40	0,25	0,20	530	460	189,53	6,82E+05	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Flexão	3,0	40	0,25	0,20	530	460	167,88	1,01E+06	Trabalhada a frio
Fatigue Testing and performance of steel and reinforcing bars - Tilly (1984)	45	Flexão	3,0	40	0,25	0,20	530	460	145,71	1,66E+06	Trabalhada a frio

APÊNDICE C

Planilhas de regressão linear e intervalos de confiabilidade pelo t- Student

Amostras
122

Equação: $\text{Log}N1 = \log a + b * \log s$	
b	log a
-0,086	2,956

D <=16	
S	N
377,03	2,63E+05
377,11	5,57E+05
345,83	7,46E+05
345,81	8,15E+05
289,98	3,80E+05
368,18	2,24E+05
345,69	2,60E+05
345,77	2,88E+05
345,65	3,20E+05
345,69	3,64E+05
345,65	4,04E+05
345,61	4,46E+05
345,53	4,91E+05
345,65	6,30E+05
345,53	9,05E+05
322,16	2,99E+05
322,22	3,96E+05
314,16	3,00E+05
299,09	5,74E+05
262,13	1,71E+06
275,64	1,17E+06
206,84	4,06E+06
206,84	2,36E+06
248,21	1,37E+06
268,89	6,76E+05
268,89	6,14E+05
268,89	1,23E+06
268,89	6,59E+05
268,89	2,96E+05
275,79	6,08E+05
289,58	2,38E+05
289,58	2,98E+05
289,58	3,77E+05
289,58	4,39E+05

Log		Ajuste Linear	
Log s	Log N	Log S1	S1
2,58	5,42	2,49	310,33
2,58	5,75	2,46	290,98
2,54	5,87	2,45	283,77
2,54	5,91	2,45	281,63
2,46	5,58	2,48	300,64
2,57	5,35	2,50	314,64
2,54	5,42	2,49	310,58
2,54	5,46	2,49	307,86
2,54	5,51	2,48	305,13
2,54	5,56	2,48	301,79
2,54	5,61	2,48	299,10
2,54	5,65	2,47	296,56
2,54	5,69	2,47	294,11
2,54	5,80	2,46	287,89
2,54	5,96	2,45	279,10
2,51	5,48	2,49	306,92
2,51	5,60	2,48	299,57
2,50	5,48	2,49	306,83
2,48	5,76	2,46	290,20
2,42	6,23	2,42	264,25
2,44	6,07	2,44	273,10
2,32	6,61	2,39	245,42
2,32	6,37	2,41	257,08
2,39	6,14	2,43	269,38
2,43	5,83	2,46	286,18
2,43	5,79	2,46	288,55
2,43	6,09	2,43	271,95
2,43	5,82	2,46	286,80
2,43	5,47	2,49	307,14
2,44	5,78	2,46	288,79
2,46	5,38	2,50	312,95
2,46	5,47	2,49	306,96
2,46	5,58	2,48	300,90
2,46	5,64	2,47	296,96

289,58	2,85E+05	2,46	5,45	2,49	308,17
310,26	6,09E+05	2,49	5,78	2,46	288,74
310,26	1,42E+05	2,49	5,15	2,51	327,10
310,26	4,24E+05	2,49	5,63	2,47	297,88
310,26	3,69E+05	2,49	5,57	2,48	301,39
330,94	2,25E+05	2,52	5,35	2,50	314,48
330,94	3,45E+05	2,52	5,54	2,48	303,20
330,94	2,26E+05	2,52	5,35	2,50	314,34
330,94	1,22E+05	2,52	5,09	2,52	331,45
330,94	1,38E+05	2,52	5,14	2,52	327,92
272,32	1,32E+05	2,44	5,12	2,52	329,26
380,02	2,89E+05	2,58	5,46	2,49	307,83
359,61	3,42E+05	2,56	5,53	2,48	303,38
339,78	4,66E+05	2,53	5,67	2,47	295,45
339,65	4,99E+05	2,53	5,70	2,47	293,73
319,36	6,02E+05	2,50	5,78	2,46	289,02
309,18	4,98E+06	2,49	6,70	2,38	241,18
321,53	2,87E+05	2,51	5,46	2,49	307,99
315,71	3,33E+05	2,50	5,52	2,48	304,09
274,00	7,78E+05	2,44	5,89	2,45	282,76
270,91	2,91E+06	2,43	6,46	2,40	252,51
257,38	6,79E+06	2,41	6,83	2,37	234,85
247,73	5,25E+06	2,39	6,72	2,38	240,08
247,59	6,58E+06	2,39	6,82	2,37	235,46
237,30	5,60E+06	2,38	6,75	2,38	238,74
218,39	7,00E+06	2,34	6,85	2,37	234,22
360,39	1,96E+05	2,56	5,29	2,50	318,25
320,39	4,19E+05	2,51	5,62	2,47	298,15
280,35	5,61E+05	2,45	5,75	2,46	290,78
240,15	9,96E+05	2,38	6,00	2,44	276,82
246,00	6,51E+05	2,39	5,81	2,46	287,10
218,11	6,95E+05	2,34	5,84	2,46	285,48
245,24	7,24E+05	2,39	5,86	2,45	284,50
243,37	8,13E+05	2,39	5,91	2,45	281,70
243,57	8,62E+05	2,39	5,94	2,45	280,29
217,85	8,80E+05	2,34	5,94	2,45	279,79
244,99	9,12E+05	2,39	5,96	2,45	278,93
201,89	8,72E+05	2,31	5,94	2,45	280,01
196,62	2,94E+06	2,29	6,47	2,40	252,29
200,21	7,64E+07	2,30	7,88	2,28	190,85
245,43	6,13E+05	2,39	5,79	2,46	288,59
218,37	1,05E+06	2,34	6,02	2,44	275,69
250,46	1,34E+06	2,40	6,13	2,43	269,84
219,46	1,64E+06	2,34	6,21	2,42	265,28
249,40	1,94E+06	2,40	6,29	2,42	261,43

248,98	2,77E+06	2,40	6,44	2,40	253,62
248,75	2,95E+06	2,40	6,47	2,40	252,27
202,36	5,54E+06	2,31	6,74	2,38	238,96
202,80	7,14E+06	2,31	6,85	2,37	233,84
220,15	8,59E+06	2,34	6,93	2,36	230,16
251,13	1,83E+06	2,40	6,26	2,42	262,73
251,13	2,06E+06	2,40	6,31	2,42	260,12
219,72	2,29E+06	2,34	6,36	2,41	257,80
203,29	2,92E+07	2,31	7,47	2,32	207,22
263,81	6,59E+05	2,42	5,82	2,46	286,81
278,07	9,85E+05	2,44	5,99	2,44	277,10
282,83	2,06E+06	2,45	6,31	2,42	260,12
274,19	3,00E+06	2,44	6,48	2,40	251,89
261,85	6,92E+06	2,42	6,84	2,37	234,45
272,33	8,32E+06	2,44	6,92	2,36	230,78
264,42	3,34E+07	2,42	7,52	2,31	204,88
200,62	5,46E+07	2,30	7,74	2,29	196,41
245,78	3,38E+05	2,39	5,53	2,48	303,70
247,31	4,48E+05	2,39	5,65	2,47	296,46
217,88	6,48E+05	2,34	5,81	2,46	287,22
218,52	2,10E+06	2,34	6,32	2,41	259,67
273,29	3,00E+05	2,44	5,48	2,49	306,83
244,53	7,66E+05	2,39	5,88	2,45	283,12
218,32	9,43E+05	2,34	5,97	2,44	278,12
237,36	1,21E+06	2,38	6,08	2,43	272,17
217,17	7,49E+06	2,34	6,87	2,37	232,87
309,20	5,50E+06	2,49	6,74	2,38	239,10
299,73	4,97E+06	2,48	6,70	2,38	241,22
339,90	3,13E+05	2,53	5,50	2,49	305,71
319,73	5,23E+05	2,50	5,72	2,47	292,54
299,65	6,46E+05	2,48	5,81	2,46	287,30
279,90	9,96E+05	2,45	6,00	2,44	276,82
269,61	5,07E+06	2,43	6,71	2,38	240,78
260,06	4,97E+06	2,42	6,70	2,38	241,22
340,07	4,37E+05	2,53	5,64	2,47	297,11
319,94	7,77E+05	2,51	5,89	2,45	282,77
300,01	6,81E+05	2,48	5,83	2,46	286,01
300,16	7,55E+05	2,48	5,88	2,45	283,50
300,10	8,19E+05	2,48	5,91	2,45	281,51
300,07	8,91E+05	2,48	5,95	2,45	279,49
254,18	1,30E+06	2,41	6,11	2,43	270,64
260,65	1,58E+06	2,42	6,20	2,43	266,15
255,90	2,14E+06	2,41	6,33	2,41	259,27

Intervalo confiança T Student				
Erro padrão	t	Media log S	Soma Log s - media	1 + 1/n
0,058	1,980	2,442	0,669	1,008

<i>(Log s - Media Log s)^2</i>	<i>95 % de confiabilidade</i>	<i>Log S1 (-)</i>	<i>S1 (-)</i>	<i>Log S1(+)</i>	<i>S1 (+)</i>
1,80E-02	0,12	2,38	237,40	2,61	405,65
1,80E-02	0,12	2,35	222,60	2,58	380,36
9,34E-03	0,12	2,34	217,45	2,57	370,31
9,33E-03	0,12	2,33	215,81	2,57	367,52
4,05E-04	0,11	2,36	230,78	2,59	391,64
1,53E-02	0,12	2,38	240,83	2,61	411,08
9,30E-03	0,12	2,38	238,00	2,61	405,29
9,32E-03	0,12	2,37	235,91	2,60	401,75
9,29E-03	0,12	2,37	233,82	2,60	398,18
9,30E-03	0,12	2,36	231,27	2,60	393,83
9,29E-03	0,12	2,36	229,20	2,59	390,31
9,28E-03	0,12	2,36	227,26	2,59	387,00
9,26E-03	0,12	2,35	225,38	2,58	383,81
9,29E-03	0,12	2,34	220,61	2,57	375,69
9,26E-03	0,12	2,33	213,88	2,56	364,21
4,33E-03	0,12	2,37	235,42	2,60	400,13
4,35E-03	0,12	2,36	229,79	2,59	390,56
3,02E-03	0,12	2,37	235,42	2,60	399,92
1,13E-03	0,11	2,35	222,73	2,58	378,10
5,63E-04	0,11	2,31	202,84	2,54	344,26
3,62E-06	0,11	2,32	209,66	2,55	355,74
1,60E-02	0,12	2,27	187,82	2,51	320,68
1,60E-02	0,12	2,29	196,75	2,53	335,92
2,25E-03	0,12	2,32	206,71	2,55	351,04
1,60E-04	0,11	2,34	219,69	2,57	372,79
1,60E-04	0,11	2,35	221,51	2,58	375,87
1,60E-04	0,11	2,32	208,77	2,55	354,26
1,60E-04	0,11	2,34	220,17	2,57	373,60
1,60E-04	0,11	2,37	235,78	2,60	400,10
2,75E-06	0,11	2,35	221,70	2,58	376,18
3,81E-04	0,11	2,38	240,23	2,61	407,67
3,81E-04	0,11	2,37	235,63	2,60	399,87
3,81E-04	0,11	2,36	230,98	2,59	391,98
3,81E-04	0,11	2,36	227,95	2,59	386,84
3,81E-04	0,11	2,37	236,56	2,60	401,45
2,45E-03	0,12	2,35	221,56	2,58	376,29
2,45E-03	0,12	2,40	251,00	2,63	426,29

2,45E-03	0,12	2,36	228,57	2,59	388,20
2,45E-03	0,12	2,36	231,27	2,59	392,78
6,01E-03	0,12	2,38	241,14	2,61	410,13
6,01E-03	0,12	2,37	232,49	2,60	395,41
6,01E-03	0,12	2,38	241,03	2,61	409,94
6,01E-03	0,12	2,41	254,15	2,64	432,25
6,01E-03	0,12	2,40	251,45	2,63	427,66
5,12E-05	0,11	2,40	252,77	2,63	428,90
1,89E-02	0,12	2,37	235,45	2,60	402,46
1,29E-02	0,12	2,37	232,31	2,60	396,17
7,91E-03	0,12	2,35	226,46	2,59	385,44
7,88E-03	0,12	2,35	225,14	2,58	383,20
3,85E-03	0,12	2,35	221,71	2,58	376,75
2,30E-03	0,12	2,27	185,07	2,50	314,30
4,22E-03	0,12	2,37	236,25	2,60	401,52
3,25E-03	0,12	2,37	233,30	2,60	396,36
2,01E-05	0,11	2,34	217,07	2,57	368,32
8,85E-05	0,11	2,29	193,85	2,52	328,93
1,00E-03	0,11	2,26	180,25	2,49	305,97
2,33E-03	0,12	2,27	184,23	2,50	312,87
2,35E-03	0,12	2,26	180,68	2,49	306,85
4,48E-03	0,12	2,26	183,12	2,49	311,26
1,06E-02	0,12	2,25	179,44	2,49	305,73
1,31E-02	0,12	2,39	243,70	2,62	415,62
4,02E-03	0,12	2,36	228,71	2,59	388,68
2,99E-05	0,11	2,35	223,23	2,58	378,77
3,81E-03	0,12	2,33	212,36	2,56	360,86
2,63E-03	0,12	2,34	220,29	2,57	374,17
1,07E-02	0,12	2,34	218,71	2,57	372,65
2,77E-03	0,12	2,34	218,29	2,57	370,79
3,13E-03	0,12	2,33	216,13	2,56	367,17
3,09E-03	0,12	2,33	215,05	2,56	365,33
1,08E-02	0,12	2,33	214,34	2,56	365,23
2,82E-03	0,12	2,33	214,02	2,56	363,54
1,88E-02	0,12	2,33	214,18	2,56	366,08
2,21E-02	0,12	2,29	192,85	2,52	330,05
1,98E-02	0,12	2,16	145,95	2,40	249,56
2,74E-03	0,12	2,35	221,43	2,58	376,12
1,06E-02	0,12	2,32	211,21	2,56	359,86
1,89E-03	0,11	2,32	207,08	2,55	351,62
1,02E-02	0,12	2,31	203,25	2,54	346,24
2,06E-03	0,11	2,30	200,62	2,53	340,67
2,12E-03	0,11	2,29	194,63	2,52	330,51
2,16E-03	0,11	2,29	193,58	2,52	328,74
1,85E-02	0,12	2,26	182,79	2,49	312,40

1,83E-02	0,12	2,25	178,88	2,49	305,69
9,91E-03	0,12	2,25	176,35	2,48	300,39
1,79E-03	0,11	2,30	201,62	2,53	342,35
1,79E-03	0,11	2,30	199,62	2,53	338,95
1,01E-02	0,12	2,30	197,52	2,53	336,47
1,80E-02	0,12	2,20	158,53	2,43	270,87
4,39E-04	0,11	2,34	220,17	2,57	373,63
3,67E-06	0,11	2,33	212,73	2,56	360,95
8,63E-05	0,11	2,30	199,69	2,53	338,84
1,75E-05	0,11	2,29	193,38	2,52	328,12
5,85E-04	0,11	2,26	179,96	2,48	305,42
5,09E-05	0,11	2,25	177,17	2,48	300,62
3,97E-04	0,11	2,20	157,28	2,43	266,90
1,96E-02	0,12	2,18	150,21	2,41	256,81
2,67E-03	0,12	2,37	233,03	2,60	395,80
2,40E-03	0,12	2,36	227,48	2,59	386,35
1,08E-02	0,12	2,34	220,03	2,57	374,92
1,06E-02	0,12	2,30	198,94	2,53	338,95
3,15E-05	0,11	2,37	235,55	2,60	399,68
2,91E-03	0,12	2,34	217,22	2,57	369,00
1,06E-02	0,12	2,33	213,07	2,56	363,04
4,47E-03	0,12	2,32	208,76	2,55	354,84
1,11E-02	0,12	2,25	178,39	2,48	304,00
2,30E-03	0,12	2,26	183,48	2,49	311,60
1,19E-03	0,11	2,27	185,14	2,50	314,28
7,94E-03	0,12	2,37	234,32	2,60	398,83
3,91E-03	0,12	2,35	224,41	2,58	381,35
1,18E-03	0,11	2,34	220,51	2,57	374,33
2,27E-05	0,11	2,33	212,51	2,56	360,59
1,32E-04	0,11	2,27	184,84	2,50	313,65
7,38E-04	0,11	2,27	185,16	2,50	314,26
7,98E-03	0,12	2,36	227,73	2,59	387,62
3,95E-03	0,12	2,34	216,91	2,57	368,62
1,22E-03	0,11	2,34	219,52	2,57	372,64
1,23E-03	0,11	2,34	217,59	2,57	369,37
1,23E-03	0,11	2,33	216,06	2,56	366,78
1,22E-03	0,11	2,33	214,51	2,56	364,15
1,38E-03	0,11	2,32	207,71	2,55	352,63
6,85E-04	0,11	2,31	204,29	2,54	346,73
1,17E-03	0,11	2,30	198,99	2,53	337,80

Amostras
104

Equação: $\text{LogS1} = \log a + b \cdot \log N$	
b	log a
-0,165	3,381

D >16	
S	N
379,77	2,30E+05
359,60	3,23E+05
340,01	4,34E+05
320,06	7,11E+05
309,75	5,08E+06
299,64	4,89E+06
360,89	2,47E+05
318,83	2,89E+05
279,58	1,03E+06
219,58	1,13E+06
359,76	2,01E+05
340,10	2,39E+05
319,89	3,78E+05
280,01	7,41E+05
249,58	1,06E+06
249,64	1,14E+06
239,64	4,80E+06
239,51	5,00E+06
273,72	8,89E+04
273,72	1,29E+05
244,76	2,20E+05
244,76	3,34E+05
230,97	3,64E+05
217,87	5,07E+05
217,18	6,27E+05
203,39	5,17E+05
203,39	5,75E+05
203,39	9,03E+05
189,60	1,43E+06
189,60	1,94E+06
175,82	2,82E+06
175,82	2,96E+06
419,89	3,82E+04
419,89	5,73E+04
384,72	7,72E+04
384,72	1,75E+05
350,25	1,66E+05
350,25	2,07E+05
315,09	4,08E+05
315,09	3,88E+05

Log		Ajuste Linear	
Log s	Log N	Log S	S1
2,58	5,36	2,49	312,39
2,56	5,51	2,47	295,35
2,53	5,64	2,45	281,30
2,51	5,85	2,41	259,27
2,49	6,71	2,27	187,30
2,48	6,69	2,28	188,45
2,56	5,39	2,49	308,70
2,50	5,46	2,48	300,88
2,45	6,01	2,39	243,66
2,34	6,05	2,38	240,14
2,56	5,30	2,50	319,52
2,53	5,38	2,49	310,51
2,50	5,58	2,46	287,79
2,45	5,87	2,41	257,46
2,40	6,03	2,38	242,65
2,40	6,06	2,38	239,61
2,38	6,68	2,28	189,06
2,38	6,70	2,27	187,80
2,44	4,95	2,56	365,61
2,44	5,11	2,54	343,69
2,39	5,34	2,50	314,78
2,39	5,52	2,47	293,71
2,36	5,56	2,46	289,59
2,34	5,71	2,44	274,15
2,34	5,80	2,42	264,67
2,31	5,71	2,44	273,27
2,31	5,76	2,43	268,51
2,31	5,96	2,40	249,20
2,28	6,16	2,36	230,85
2,28	6,29	2,34	219,56
2,25	6,45	2,31	206,43
2,25	6,47	2,31	204,73
2,62	4,58	2,62	420,41
2,62	4,76	2,59	393,15
2,59	4,89	2,57	374,24
2,59	5,24	2,51	326,91
2,54	5,22	2,52	329,77
2,54	5,32	2,50	317,97
2,50	5,61	2,45	284,19
2,50	5,59	2,46	286,54

280,61	6,45E+05	2,45	5,81	2,42	263,44
280,61	1,77E+06	2,45	6,25	2,35	223,05
262,00	1,24E+06	2,42	6,09	2,37	236,58
262,00	1,47E+06	2,42	6,17	2,36	229,79
210,00	4,04E+06	2,32	6,61	2,29	194,54
217,86	2,93E+06	2,34	6,47	2,31	205,13
230,62	1,83E+06	2,36	6,26	2,35	221,83
250,25	1,60E+06	2,40	6,21	2,36	226,62
270,85	1,20E+06	2,43	6,08	2,38	237,88
283,61	9,70E+05	2,45	5,99	2,39	246,27
293,42	8,00E+05	2,47	5,90	2,41	254,24
360,09	2,46E+05	2,56	5,39	2,49	308,93
360,11	2,56E+05	2,56	5,41	2,49	307,03
318,97	5,37E+05	2,50	5,73	2,43	271,59
278,34	8,63E+05	2,44	5,94	2,40	251,09
258,64	1,44E+06	2,41	6,16	2,36	230,57
238,35	1,61E+06	2,38	6,21	2,35	226,36
238,76	2,37E+06	2,38	6,38	2,33	212,42
228,55	4,99E+06	2,36	6,70	2,27	187,86
361,17	1,96E+05	2,56	5,29	2,51	320,70
319,43	3,30E+05	2,50	5,52	2,47	294,27
278,20	6,57E+05	2,44	5,82	2,42	262,64
219,35	7,39E+05	2,34	5,87	2,41	257,61
217,89	1,27E+06	2,34	6,10	2,37	235,62
238,40	2,73E+06	2,38	6,44	2,32	207,50
130,28	2,51E+06	2,11	6,40	2,32	210,41
198,21	8,94E+05	2,30	5,95	2,40	249,63
153,60	1,99E+06	2,19	6,30	2,34	218,74
189,04	2,70E+06	2,28	6,43	2,32	207,91
163,57	3,56E+06	2,21	6,55	2,30	198,66
189,32	1,84E+06	2,28	6,26	2,35	221,62
169,89	2,59E+06	2,23	6,41	2,32	209,38
140,83	2,65E+06	2,15	6,42	2,32	208,53
183,09	1,26E+06	2,26	6,10	2,37	235,77
359,74	1,85E+05	2,56	5,27	2,51	323,90
319,85	3,07E+05	2,50	5,49	2,47	297,81
299,60	4,13E+05	2,48	5,62	2,45	283,60
299,76	4,68E+05	2,48	5,67	2,44	277,83
279,85	7,77E+05	2,45	5,89	2,41	255,46
259,64	8,32E+05	2,41	5,92	2,40	252,59
249,61	8,49E+05	2,40	5,93	2,40	251,73
239,73	4,92E+06	2,38	6,69	2,27	188,26
229,63	4,93E+06	2,36	6,69	2,27	188,23
305,81	3,01E+05	2,49	5,48	2,48	298,84
311,16	2,75E+05	2,49	5,44	2,48	303,34

281,26	6,00E+05	2,45	5,78	2,43	266,63
286,24	4,44E+05	2,46	5,65	2,45	280,24
225,87	2,96E+06	2,35	6,47	2,31	204,74
225,87	3,11E+06	2,35	6,49	2,31	203,13
254,30	1,00E+06	2,41	6,00	2,39	245,03
233,11	2,16E+06	2,37	6,33	2,33	215,73
243,71	1,09E+06	2,39	6,04	2,38	241,60
264,75	5,26E+05	2,42	5,72	2,44	272,48
279,66	6,09E+05	2,45	5,78	2,42	265,96
249,80	1,33E+06	2,40	6,13	2,37	233,63
239,66	5,20E+06	2,38	6,72	2,27	186,58
219,91	4,96E+06	2,34	6,70	2,27	188,00
166,54	2,02E+06	2,22	6,30	2,34	218,21
140,81	2,80E+06	2,15	6,45	2,32	206,61
155,27	2,94E+06	2,19	6,47	2,31	205,01
130,41	5,52E+06	2,12	6,74	2,27	184,73
189,53	6,82E+05	2,28	5,83	2,42	261,01
167,88	1,01E+06	2,22	6,01	2,39	244,49
145,71	1,66E+06	2,16	6,22	2,35	225,31

Intervalo confiança T Student				
Erro padrão	t	Media log S	Soma Log s - media	1 + 1/n
0,084	1,983	2,399	1,395	1,010

<i>(Log s - Media Log s)^2</i>	<i>95 % de confiabilidade</i>	<i>Log S1 (-)</i>	<i>S1 (-)</i>	<i>Log S1(+)</i>	<i>S1 (+)</i>
3,25E-02	0,17	2,32	211,30	2,66	461,87
2,46E-02	0,17	2,30	199,99	2,64	436,19
1,75E-02	0,17	2,28	190,66	2,62	415,05
1,13E-02	0,17	2,25	175,87	2,58	382,21
8,44E-03	0,17	2,10	127,10	2,44	276,01
6,00E-03	0,17	2,11	127,93	2,44	277,62
2,50E-02	0,17	2,32	209,01	2,66	455,94
1,09E-02	0,17	2,31	204,11	2,65	443,54
2,25E-03	0,17	2,22	165,49	2,55	358,75
3,31E-03	0,17	2,21	163,07	2,55	353,62
2,46E-02	0,17	2,34	216,35	2,67	471,89
1,76E-02	0,17	2,32	210,45	2,66	458,15
1,12E-02	0,17	2,29	195,22	2,63	424,26
2,31E-03	0,17	2,24	174,86	2,58	379,08
3,68E-06	0,17	2,22	164,85	2,55	357,16
3,27E-06	0,17	2,21	162,79	2,55	352,68

3,83E-04	0,17	2,11	128,44	2,44	278,29
3,92E-04	0,17	2,11	127,58	2,44	276,45
1,46E-03	0,17	2,40	248,34	2,73	538,25
1,46E-03	0,17	2,37	233,45	2,70	505,99
1,08E-04	0,17	2,33	213,86	2,67	463,34
1,08E-04	0,17	2,30	199,54	2,64	432,33
1,26E-03	0,17	2,29	196,71	2,63	426,33
3,71E-03	0,17	2,27	186,16	2,61	403,74
3,88E-03	0,17	2,25	179,72	2,59	389,78
8,24E-03	0,17	2,27	185,45	2,60	402,69
8,24E-03	0,17	2,26	182,22	2,60	395,67
8,24E-03	0,17	2,23	169,11	2,56	367,21
1,47E-02	0,17	2,19	156,52	2,53	340,48
1,47E-02	0,17	2,17	148,87	2,51	323,83
2,37E-02	0,17	2,15	139,79	2,48	304,84
2,37E-02	0,17	2,14	138,64	2,48	302,32
5,02E-02	0,17	2,45	283,68	2,79	623,05
5,02E-02	0,17	2,42	265,28	2,77	582,64
3,46E-02	0,17	2,40	253,06	2,74	553,45
3,46E-02	0,17	2,34	221,05	2,68	483,45
2,11E-02	0,17	2,35	223,40	2,69	486,80
2,11E-02	0,17	2,33	215,41	2,67	469,38
9,86E-03	0,17	2,29	192,82	2,62	418,87
9,86E-03	0,17	2,29	194,41	2,63	422,33
2,40E-03	0,17	2,25	178,92	2,59	387,89
2,40E-03	0,17	2,18	151,49	2,52	328,42
3,68E-04	0,17	2,21	160,72	2,54	348,24
3,68E-04	0,17	2,19	156,11	2,53	338,25
5,91E-03	0,17	2,12	132,06	2,46	286,58
3,71E-03	0,17	2,14	139,29	2,48	302,08
1,31E-03	0,17	2,18	150,68	2,51	326,57
5,70E-07	0,17	2,19	153,96	2,52	333,56
1,13E-03	0,17	2,21	161,59	2,54	350,20
2,87E-03	0,17	2,22	167,24	2,56	362,63
4,67E-03	0,17	2,24	172,62	2,57	374,46
2,47E-02	0,17	2,32	209,17	2,66	456,25
2,47E-02	0,17	2,32	207,89	2,66	453,45
1,09E-02	0,17	2,27	184,24	2,60	400,35
2,07E-03	0,17	2,23	170,54	2,57	369,69
1,84E-04	0,17	2,19	156,64	2,53	339,38
4,80E-04	0,17	2,19	153,78	2,52	333,21
4,48E-04	0,17	2,16	144,31	2,50	312,69
1,61E-03	0,17	2,11	127,60	2,44	276,57
2,52E-02	0,17	2,34	217,13	2,68	473,67
1,11E-02	0,17	2,30	199,62	2,64	433,80

2,05E-03	0,17	2,25	178,38	2,59	386,69
3,36E-03	0,17	2,24	174,94	2,58	379,36
3,71E-03	0,17	2,20	160,00	2,54	346,99
4,76E-04	0,17	2,15	140,96	2,48	305,44
8,08E-02	0,17	2,15	141,39	2,50	313,11
1,04E-02	0,17	2,23	169,35	2,57	367,96
4,52E-02	0,17	2,17	147,70	2,51	323,96
1,50E-02	0,17	2,15	140,96	2,49	306,66
3,44E-02	0,17	2,13	134,34	2,47	293,78
1,49E-02	0,17	2,18	150,26	2,51	326,87
2,85E-02	0,17	2,15	141,70	2,49	309,40
6,27E-02	0,17	2,15	140,47	2,49	309,56
1,86E-02	0,17	2,20	159,77	2,54	347,91
2,46E-02	0,17	2,34	219,32	2,68	478,37
1,12E-02	0,17	2,31	202,02	2,64	439,03
5,99E-03	0,17	2,28	192,51	2,62	417,78
6,03E-03	0,17	2,28	188,60	2,61	409,28
2,29E-03	0,17	2,24	173,50	2,58	376,13
2,32E-04	0,17	2,23	171,60	2,57	371,80
3,47E-06	0,17	2,23	171,02	2,57	370,53
3,76E-04	0,17	2,11	127,89	2,44	277,11
1,45E-03	0,17	2,11	127,85	2,44	277,11
7,45E-03	0,17	2,31	202,82	2,64	440,31
8,81E-03	0,17	2,31	205,83	2,65	447,02
2,50E-03	0,17	2,26	181,08	2,59	392,58
3,32E-03	0,17	2,28	190,30	2,62	412,67
2,05E-03	0,17	2,14	139,06	2,48	301,44
2,05E-03	0,17	2,14	137,96	2,48	299,07
3,88E-05	0,17	2,22	166,47	2,56	360,67
9,96E-04	0,17	2,17	146,55	2,50	317,58
1,50E-04	0,17	2,22	164,14	2,55	355,62
5,62E-04	0,17	2,27	185,11	2,60	401,10
2,26E-03	0,17	2,26	180,64	2,59	391,60
2,31E-06	0,17	2,20	158,73	2,54	343,89
3,81E-04	0,17	2,10	126,75	2,44	274,65
3,24E-03	0,17	2,11	127,67	2,44	276,85
3,15E-02	0,17	2,17	147,61	2,51	322,57
6,27E-02	0,17	2,14	139,18	2,49	306,72
4,33E-02	0,17	2,14	138,46	2,48	303,54
8,05E-02	0,17	2,09	124,14	2,44	274,88
1,47E-02	0,17	2,25	176,97	2,59	384,96
3,03E-02	0,17	2,22	165,42	2,56	361,36
5,55E-02	0,17	2,18	151,92	2,52	334,15

Amostras
21

Equação: $\text{Log}S1 = \log a + b * \log N$	
b	log a
-0,022	2,527

Laminada a quente (D <=16)	
S	N
251,13	1,83E+06
251,13	2,06E+06
219,72	2,29E+06
203,29	2,92E+07
263,81	6,59E+05
278,07	9,85E+05
282,83	2,06E+06
274,19	3,00E+06
261,85	6,92E+06
272,33	8,32E+06
264,42	3,34E+07
200,62	5,46E+07
245,78	3,38E+05
247,31	4,48E+05
217,88	6,48E+05
218,52	2,10E+06
273,29	3,00E+05
244,53	7,66E+05
218,32	9,43E+05
237,36	1,21E+06
217,17	7,49E+06

Log		Ajuste Linear	
Log s	Log N	Log S1	S1
2,40	6,26	2,39	244,85
2,40	6,31	2,39	244,22
2,34	6,36	2,39	243,66
2,31	7,47	2,36	230,34
2,42	5,82	2,40	250,44
2,44	5,99	2,39	248,23
2,45	6,31	2,39	244,22
2,44	6,48	2,38	242,21
2,42	6,84	2,38	237,77
2,44	6,92	2,37	236,81
2,42	7,52	2,36	229,67
2,30	7,74	2,36	227,18
2,39	5,53	2,41	254,15
2,39	5,65	2,40	252,58
2,34	5,81	2,40	250,53
2,34	6,32	2,39	244,11
2,44	5,48	2,41	254,82
2,39	5,88	2,40	249,60
2,34	5,97	2,40	248,46
2,38	6,08	2,39	247,08
2,34	6,87	2,38	237,36

Intervalo confiança T Student				
Erro padrão	t	Media log S	Soma Log s - media	1 + 1/n
0,046	2,093	2,387	0,044	1,048

$(\text{Log } s - \text{Media Log } s)^2$	95 % de confiabilidade	Log s1 (-)	s1 (-)	Log s1(+)	s1 (+)
1,75E-04	0,10	2,29	195,46	2,49	306,71
1,75E-04	0,10	2,29	194,96	2,49	305,93
2,01E-03	0,10	2,29	193,64	2,49	306,59
6,17E-03	0,10	2,26	181,27	2,47	292,69
1,20E-03	0,10	2,30	199,42	2,50	314,50
3,30E-03	0,10	2,29	196,67	2,50	313,31
4,20E-03	0,10	2,29	193,08	2,49	308,91

2,64E-03	0,10	2,28	192,20	2,48	305,23
9,84E-04	0,10	2,28	189,44	2,47	298,44
2,34E-03	0,10	2,27	188,05	2,47	298,22
1,27E-03	0,10	2,26	182,85	2,46	288,47
7,11E-03	0,10	2,25	178,40	2,46	289,30
1,49E-05	0,10	2,31	202,97	2,50	318,24
4,30E-05	0,10	2,30	201,70	2,50	316,30
2,35E-03	0,10	2,30	198,94	2,50	315,49
2,23E-03	0,10	2,29	193,90	2,49	307,32
2,49E-03	0,10	2,31	202,28	2,51	321,01
2,71E-06	0,10	2,30	199,34	2,49	312,54
2,26E-03	0,10	2,30	197,34	2,50	312,83
1,27E-04	0,10	2,30	197,27	2,49	309,48
2,49E-03	0,10	2,28	188,43	2,48	299,01

Amostras
17

Equação: $\text{LogS1} = \log a + b \cdot \log N$	
b	log a
-0,130	3,084

Laminada a quente (D > 16)	
S	N
273,72	8,89E+04
273,72	1,29E+05
244,76	2,20E+05
244,76	3,34E+05
230,97	3,64E+05
217,87	5,07E+05
217,18	6,27E+05
203,39	5,17E+05
203,39	5,75E+05
203,39	9,03E+05
189,60	1,43E+06
189,60	1,94E+06
175,82	2,82E+06
175,82	2,96E+06
189,04	2,70E+06
163,57	3,56E+06
189,32	1,84E+06

Log		Ajuste Linear	
Log s	Log N	log s1	s1
2,44	4,95	2,44	276,01
2,44	5,11	2,42	262,92
2,39	5,34	2,39	245,37
2,39	5,52	2,37	232,36
2,36	5,56	2,36	229,80
2,34	5,71	2,34	220,11
2,34	5,80	2,33	214,10
2,31	5,71	2,34	219,55
2,31	5,76	2,34	216,54
2,31	5,96	2,31	204,20
2,28	6,16	2,28	192,29
2,28	6,29	2,27	184,86
2,25	6,45	2,25	176,11
2,25	6,47	2,24	174,97
2,28	6,43	2,25	177,10
2,21	6,55	2,23	170,88
2,28	6,26	2,27	186,22

Intervalo confiança T Student				
Erro padrão	t	Media log S	Soma Log s - media	1 + 1/n
0,017	2,131	2,319	0,070	1,059

<i>(Log s - Media Log s)^2</i>	<i>95 % de confiabilidade</i>	<i>Log s1 (-)</i>	<i>s1 (-)</i>	<i>Log s1(+)</i>	<i>s1 (+)</i>
1,39E-02	0,04	2,40	251,95	2,48	302,37
1,39E-02	0,04	2,38	240,00	2,46	288,02
4,82E-03	0,04	2,35	225,07	2,43	267,50
4,82E-03	0,04	2,33	213,14	2,40	253,32
1,95E-03	0,04	2,32	211,12	2,40	250,13
3,55E-04	0,04	2,31	202,41	2,38	239,37
3,05E-04	0,04	2,29	196,89	2,37	232,83
1,21E-04	0,04	2,31	201,92	2,38	238,73
1,21E-04	0,04	2,30	199,15	2,37	235,45
1,21E-04	0,04	2,27	187,80	2,35	222,04
1,72E-03	0,04	2,25	176,68	2,32	209,27
1,72E-03	0,04	2,23	169,86	2,30	201,18
5,52E-03	0,04	2,21	161,48	2,28	192,07
5,52E-03	0,04	2,21	160,43	2,28	190,82
1,83E-03	0,04	2,21	162,72	2,29	192,75
1,12E-02	0,04	2,19	156,21	2,27	186,92
1,78E-03	0,04	2,23	171,10	2,31	202,67

Amostras
18

Equação: $\text{LogS1} = \log a + b \cdot \log N$	
b	log a
-0,064	2,872

Temperadas e Revenidas (D <=16)	
S	N
380,02	2,89E+05
359,61	3,42E+05
339,78	4,66E+05
339,65	4,99E+05
319,36	6,02E+05
309,18	4,98E+06
360,39	1,96E+05
320,39	4,19E+05
280,35	5,61E+05
240,15	9,96E+05
309,20	5,50E+06
299,73	4,97E+06
339,90	3,13E+05
319,73	5,23E+05

Log		Ajuste Linear	
Log s	Log N	Log S1	S1
2,58	5,46	2,52	334,27
2,56	5,53	2,52	330,66
2,53	5,67	2,51	324,21
2,53	5,70	2,51	322,81
2,50	5,78	2,50	318,95
2,49	6,70	2,45	278,81
2,56	5,29	2,53	342,64
2,51	5,62	2,51	326,42
2,45	5,75	2,51	320,40
2,38	6,00	2,49	308,90
2,49	6,74	2,44	277,03
2,48	6,70	2,45	278,84
2,53	5,50	2,52	332,55
2,50	5,72	2,51	321,84

299,65	6,46E+05	2,48	5,81	2,50	317,55
279,90	9,96E+05	2,45	6,00	2,49	308,89
269,61	5,07E+06	2,43	6,71	2,44	278,47
260,06	4,97E+06	2,42	6,70	2,45	278,85

Intervalo confiança T Student				
Erro padrão	t	Media log S	Soma Log s - media	1 + 1/n
0,043	2,120	2,492	0,048	1,056

$(\text{Log } s - \text{Media Log } s)^2$	95 % de confiabilidade	Log S1 (-)	S1 (-)	Log S1(+)	S1 (+)
7,72E-03	0,10	2,42	264,57	2,63	422,32
4,08E-03	0,10	2,42	263,67	2,62	414,67
1,54E-03	0,10	2,41	259,92	2,61	404,41
1,53E-03	0,10	2,41	258,80	2,60	402,65
1,52E-04	0,09	2,41	256,46	2,60	396,67
3,08E-06	0,09	2,35	224,26	2,54	346,63
4,20E-03	0,10	2,44	273,16	2,63	429,79
1,88E-04	0,09	2,42	262,45	2,61	405,99
1,96E-03	0,10	2,41	256,63	2,60	400,01
1,24E-02	0,11	2,38	242,22	2,60	393,92
3,01E-06	0,09	2,35	222,82	2,54	344,42
2,32E-04	0,09	2,35	224,17	2,54	346,85
1,55E-03	0,10	2,43	266,59	2,62	414,82
1,64E-04	0,09	2,41	258,78	2,60	400,26
2,36E-04	0,09	2,41	255,29	2,60	394,99
2,02E-03	0,10	2,39	247,38	2,59	385,70
3,75E-03	0,10	2,35	222,21	2,54	348,97
5,91E-03	0,10	2,35	221,52	2,55	351,02

Amostras
46

Equação: $\text{Log} S1 = \log a + b * \log N$	
b	log a
-0,121	3,171

Temperadas e Revenidas (D >16)	
S	N
379,77	2,30E+05
359,60	3,23E+05
340,01	4,34E+05
320,06	7,11E+05

Log		Ajuste Linear	
Log s	Log N	Log S1	S1
2,58	5,36	2,52	332,10
2,56	5,51	2,50	318,73
2,53	5,64	2,49	307,55
2,51	5,85	2,46	289,71

309,75	5,08E+06	2,49	6,71	2,36	228,29
299,64	4,89E+06	2,48	6,69	2,36	229,32
360,89	2,47E+05	2,56	5,39	2,52	329,22
318,83	2,89E+05	2,50	5,46	2,51	323,09
279,58	1,03E+06	2,45	6,01	2,44	276,81
219,58	1,13E+06	2,34	6,05	2,44	273,88
359,76	2,01E+05	2,56	5,30	2,53	337,64
340,10	2,39E+05	2,53	5,38	2,52	330,64
319,89	3,78E+05	2,50	5,58	2,50	312,73
280,01	7,41E+05	2,45	5,87	2,46	288,22
249,58	1,06E+06	2,40	6,03	2,44	275,98
249,64	1,14E+06	2,40	6,06	2,44	273,44
239,64	4,80E+06	2,38	6,68	2,36	229,86
239,51	5,00E+06	2,38	6,70	2,36	228,74
360,09	2,46E+05	2,56	5,39	2,52	329,40
360,11	2,56E+05	2,56	5,41	2,52	327,91
318,97	5,37E+05	2,50	5,73	2,48	299,73
278,34	8,63E+05	2,44	5,94	2,45	282,98
258,64	1,44E+06	2,41	6,16	2,42	265,84
238,35	1,61E+06	2,38	6,21	2,42	262,28
238,76	2,37E+06	2,38	6,38	2,40	250,34
228,55	4,99E+06	2,36	6,70	2,36	228,78
361,17	1,96E+05	2,56	5,29	2,53	338,55
319,43	3,30E+05	2,50	5,52	2,50	317,87
278,20	6,57E+05	2,44	5,82	2,47	292,46
219,35	7,39E+05	2,34	5,87	2,46	288,35
217,89	1,27E+06	2,34	6,10	2,43	270,09
238,40	2,73E+06	2,38	6,44	2,39	246,08
359,74	1,85E+05	2,56	5,27	2,53	341,03
319,85	3,07E+05	2,50	5,49	2,51	320,67
299,60	4,13E+05	2,48	5,62	2,49	309,38
299,76	4,68E+05	2,48	5,67	2,48	304,76
279,85	7,77E+05	2,45	5,89	2,46	286,58
259,64	8,32E+05	2,41	5,92	2,45	284,21
249,61	8,49E+05	2,40	5,93	2,45	283,51
239,73	4,92E+06	2,38	6,69	2,36	229,14
229,63	4,93E+06	2,36	6,69	2,36	229,11
264,75	5,26E+05	2,42	5,72	2,48	300,45
279,66	6,09E+05	2,45	5,78	2,47	295,17
249,80	1,33E+06	2,40	6,13	2,43	268,42
239,66	5,20E+06	2,38	6,72	2,36	227,64
219,91	4,96E+06	2,34	6,70	2,36	228,91

Intervalo confiança T Student				
Erro padrão	t	Media log S	Soma Log s - media	1 + 1/n
0,047	2,015	2,451	0,245	1,022

<i>(Log s - Media Log s)^2</i>	<i>95 % de confiabilidade</i>	<i>Log N1 (-)</i>	<i>N1 (-)</i>	<i>Log N1(+)</i>	<i>N1 (+)</i>
1,66E-02	0,10	2,42	263,97	2,62	417,83
1,10E-02	0,10	2,40	253,94	2,60	400,04
6,52E-03	0,10	2,39	245,52	2,59	385,25
2,97E-03	0,10	2,36	231,64	2,56	362,33
1,62E-03	0,10	2,26	182,64	2,46	285,35
6,67E-04	0,10	2,26	183,54	2,46	286,51
1,14E-02	0,10	2,42	262,26	2,62	413,27
2,79E-03	0,10	2,41	258,35	2,61	404,06
1,82E-05	0,10	2,35	221,62	2,54	345,76
1,19E-02	0,10	2,34	218,12	2,54	343,88
1,11E-02	0,10	2,43	269,00	2,63	423,78
6,53E-03	0,10	2,42	263,95	2,62	414,18
2,94E-03	0,10	2,40	250,05	2,59	391,13
1,30E-05	0,10	2,36	230,75	2,56	360,01
2,87E-03	0,10	2,34	220,67	2,54	345,15
2,86E-03	0,10	2,34	218,64	2,53	341,97
5,07E-03	0,10	2,26	183,61	2,46	287,75
5,10E-03	0,10	2,26	182,72	2,46	286,35
1,12E-02	0,10	2,42	262,43	2,62	413,46
1,12E-02	0,10	2,42	261,24	2,61	411,59
2,81E-03	0,10	2,38	239,66	2,57	374,84
3,83E-05	0,10	2,36	226,55	2,55	353,47
1,45E-03	0,10	2,33	212,69	2,52	332,26
5,41E-03	0,10	2,32	209,48	2,52	328,39
5,30E-03	0,10	2,30	199,96	2,50	313,43
8,42E-03	0,10	2,26	182,49	2,46	286,82
1,14E-02	0,10	2,43	269,69	2,63	425,00
2,87E-03	0,10	2,41	254,17	2,60	397,55
4,11E-05	0,10	2,37	234,14	2,56	365,30
1,20E-02	0,10	2,36	229,64	2,56	362,07
1,27E-02	0,10	2,33	215,04	2,53	339,24
5,40E-03	0,10	2,29	196,54	2,49	308,09
1,11E-02	0,10	2,43	271,70	2,63	428,04
2,94E-03	0,10	2,41	256,40	2,60	401,06
6,64E-04	0,10	2,39	247,62	2,59	386,55
6,76E-04	0,10	2,39	243,92	2,58	380,78
1,48E-05	0,10	2,36	229,44	2,55	357,96

1,33E-03	0,10	2,36	227,41	2,55	355,21
2,86E-03	0,10	2,36	226,69	2,55	354,57
5,05E-03	0,10	2,26	183,04	2,46	286,85
8,05E-03	0,10	2,26	182,78	2,46	287,19
7,81E-04	0,10	2,38	240,46	2,57	375,41
1,72E-05	0,10	2,37	236,31	2,57	368,68
2,83E-03	0,10	2,33	214,63	2,53	335,70
5,07E-03	0,10	2,26	181,85	2,45	284,98
1,18E-02	0,10	2,26	182,32	2,46	287,41

Amostras
83

Equação: $\text{LogS1} = \log a + b * \log N$	
b	log a
-0,108	3,083

Trabalhada a frio (D <=16)	
S	N
377,03	2,63E+05
377,11	5,57E+05
345,83	7,46E+05
345,81	8,15E+05
289,98	3,80E+05
368,18	2,24E+05
345,69	2,60E+05
345,77	2,88E+05
345,65	3,20E+05
345,69	3,64E+05
345,65	4,04E+05
345,61	4,46E+05
345,53	4,91E+05
345,65	6,30E+05
345,53	9,05E+05
322,16	2,99E+05
322,22	3,96E+05
314,16	3,00E+05
299,09	5,74E+05
262,13	1,71E+06
275,64	1,17E+06
206,84	4,06E+06
206,84	2,36E+06
248,21	1,37E+06
268,89	6,76E+05
268,89	6,14E+05
268,89	1,23E+06

Log		Ajuste Linear	
Log s	Log N	log s1	s1
2,58	5,42	2,50	315,25
2,58	5,75	2,46	290,75
2,54	5,87	2,45	281,72
2,54	5,91	2,45	279,05
2,46	5,58	2,48	302,93
2,57	5,35	2,51	320,77
2,54	5,42	2,50	315,57
2,54	5,46	2,49	312,10
2,54	5,51	2,49	308,63
2,54	5,56	2,48	304,39
2,54	5,61	2,48	300,98
2,54	5,65	2,47	297,77
2,54	5,69	2,47	294,69
2,54	5,80	2,46	286,87
2,54	5,96	2,44	275,90
2,51	5,48	2,49	310,90
2,51	5,60	2,48	301,58
2,50	5,48	2,49	310,80
2,48	5,76	2,46	289,76
2,42	6,23	2,41	257,58
2,44	6,07	2,43	268,47
2,32	6,61	2,37	234,71
2,32	6,37	2,40	248,82
2,39	6,14	2,42	263,87
2,43	5,83	2,45	284,73
2,43	5,79	2,46	287,69
2,43	6,09	2,43	267,05

268,89	6,59E+05	2,43	5,82	2,46	285,51
268,89	2,96E+05	2,43	5,47	2,49	311,19
275,79	6,08E+05	2,44	5,78	2,46	288,00
289,58	2,38E+05	2,46	5,38	2,50	318,60
289,58	2,98E+05	2,46	5,47	2,49	310,95
289,58	3,77E+05	2,46	5,58	2,48	303,26
289,58	4,39E+05	2,46	5,64	2,47	298,27
289,58	2,85E+05	2,46	5,45	2,49	312,49
310,26	6,09E+05	2,49	5,78	2,46	287,93
310,26	1,42E+05	2,49	5,15	2,53	336,82
310,26	4,24E+05	2,49	5,63	2,48	299,43
310,26	3,69E+05	2,49	5,57	2,48	303,88
330,94	2,25E+05	2,52	5,35	2,51	320,57
330,94	3,45E+05	2,52	5,54	2,49	306,17
330,94	2,26E+05	2,52	5,35	2,51	320,39
330,94	1,22E+05	2,52	5,09	2,53	342,46
330,94	1,38E+05	2,52	5,14	2,53	337,89
272,32	1,32E+05	2,44	5,12	2,53	339,62
321,53	2,87E+05	2,51	5,46	2,49	312,27
315,71	3,33E+05	2,50	5,52	2,49	307,31
274,00	7,78E+05	2,44	5,89	2,45	280,45
270,91	2,91E+06	2,43	6,46	2,39	243,28
257,38	6,79E+06	2,41	6,83	2,35	222,07
247,73	5,25E+06	2,39	6,72	2,36	228,32
247,59	6,58E+06	2,39	6,82	2,35	222,81
237,30	5,60E+06	2,38	6,75	2,36	226,72
218,39	7,00E+06	2,34	6,85	2,35	221,33
246,00	6,51E+05	2,39	5,81	2,46	285,88
218,11	6,95E+05	2,34	5,84	2,45	283,86
245,24	7,24E+05	2,39	5,86	2,45	282,63
243,37	8,13E+05	2,39	5,91	2,45	279,14
243,57	8,62E+05	2,39	5,94	2,44	277,38
217,85	8,80E+05	2,34	5,94	2,44	276,76
244,99	9,12E+05	2,39	5,96	2,44	275,70
201,89	8,72E+05	2,31	5,94	2,44	277,03
196,62	2,94E+06	2,29	6,47	2,39	243,01
200,21	7,64E+07	2,30	7,88	2,23	171,09
245,43	6,13E+05	2,39	5,79	2,46	287,74
218,37	1,05E+06	2,34	6,02	2,43	271,67
250,46	1,34E+06	2,40	6,13	2,42	264,44
219,46	1,64E+06	2,34	6,21	2,41	258,83
249,40	1,94E+06	2,40	6,29	2,41	254,12
248,98	2,77E+06	2,40	6,44	2,39	244,62
248,75	2,95E+06	2,40	6,47	2,39	242,98
202,36	5,54E+06	2,31	6,74	2,36	226,98

202,80	7,14E+06	2,31	6,85	2,34	220,88
220,15	8,59E+06	2,34	6,93	2,34	216,52
340,07	4,37E+05	2,53	5,64	2,47	298,46
319,94	7,77E+05	2,51	5,89	2,45	280,47
300,01	6,81E+05	2,48	5,83	2,45	284,51
300,16	7,55E+05	2,48	5,88	2,45	281,37
300,10	8,19E+05	2,48	5,91	2,45	278,89
300,07	8,91E+05	2,48	5,95	2,44	276,38
254,18	1,30E+06	2,41	6,11	2,42	265,42
260,65	1,58E+06	2,42	6,20	2,41	259,90
255,90	2,14E+06	2,41	6,33	2,40	251,49

Intervalo confiança T Student				
Erro padrão	t	Media log S	Soma Log s - media	1 + 1/n
0,053	1,990	2,446	0,467	1,012

<i>(Log s - Media Log s)^2</i>	<i>95 % de confiabilidade</i>	<i>Log NS1(-)</i>	<i>S1 (-)</i>	<i>Log S1(+)</i>	<i>S1 (+)</i>
1,71E-02	0,11	2,39	245,36	2,61	405,04
1,72E-02	0,11	2,35	226,29	2,57	373,56
8,71E-03	0,11	2,34	219,74	2,56	361,18
8,71E-03	0,11	2,34	217,66	2,55	357,76
2,84E-04	0,11	2,37	236,80	2,59	387,52
1,45E-02	0,11	2,40	249,82	2,61	411,86
8,68E-03	0,11	2,39	246,15	2,61	404,58
8,70E-03	0,11	2,39	243,44	2,60	400,13
8,67E-03	0,11	2,38	240,73	2,60	395,67
8,68E-03	0,11	2,38	237,43	2,59	390,25
8,67E-03	0,11	2,37	234,76	2,59	385,87
8,66E-03	0,11	2,37	232,27	2,58	381,76
8,65E-03	0,11	2,36	229,86	2,58	377,80
8,67E-03	0,11	2,35	223,76	2,57	367,78
8,65E-03	0,11	2,33	215,21	2,55	353,71
3,91E-03	0,11	2,39	242,80	2,60	398,10
3,92E-03	0,11	2,37	235,52	2,59	386,16
2,67E-03	0,11	2,39	242,80	2,60	397,84
9,17E-04	0,11	2,36	226,47	2,57	370,74
7,29E-04	0,11	2,30	201,33	2,52	329,55
2,67E-05	0,11	2,32	209,88	2,54	343,42
1,69E-02	0,11	2,26	182,69	2,48	301,55
1,69E-02	0,11	2,29	193,67	2,50	319,67
2,57E-03	0,11	2,31	206,15	2,53	337,76

2,54E-04	0,11	2,35	222,58	2,56	364,24
2,54E-04	0,11	2,35	224,89	2,57	368,03
2,54E-04	0,11	2,32	208,76	2,53	341,62
2,54E-04	0,11	2,35	223,18	2,56	365,23
2,54E-04	0,11	2,39	243,26	2,60	398,09
2,43E-05	0,11	2,35	225,14	2,57	368,40
2,64E-04	0,11	2,40	249,05	2,61	407,57
2,64E-04	0,11	2,39	243,08	2,60	397,79
2,64E-04	0,11	2,37	237,06	2,59	387,94
2,64E-04	0,11	2,37	233,16	2,58	381,56
2,64E-04	0,11	2,39	244,28	2,60	399,76
2,14E-03	0,11	2,35	224,97	2,57	368,51
2,14E-03	0,11	2,42	263,17	2,63	431,09
2,14E-03	0,11	2,37	233,96	2,58	383,24
2,14E-03	0,11	2,38	237,43	2,59	388,93
5,51E-03	0,11	2,40	250,25	2,61	410,65
5,51E-03	0,11	2,38	239,01	2,59	392,20
5,51E-03	0,11	2,40	250,11	2,61	410,41
5,51E-03	0,11	2,43	267,34	2,64	438,69
5,51E-03	0,11	2,42	263,77	2,64	432,83
1,09E-04	0,11	2,42	265,49	2,64	434,44
3,81E-03	0,11	2,39	243,88	2,60	399,84
2,89E-03	0,11	2,38	240,06	2,59	393,40
6,01E-05	0,11	2,34	219,24	2,55	358,75
1,61E-04	0,11	2,28	190,18	2,49	311,20
1,22E-03	0,11	2,24	173,55	2,45	284,16
2,66E-03	0,11	2,25	178,37	2,47	292,25
2,68E-03	0,11	2,24	174,06	2,46	285,20
4,93E-03	0,11	2,25	177,01	2,46	290,38
1,13E-02	0,11	2,24	172,52	2,45	283,95
2,98E-03	0,11	2,35	223,31	2,56	365,97
1,14E-02	0,11	2,34	221,25	2,56	364,17
3,13E-03	0,11	2,34	220,77	2,56	361,82
3,51E-03	0,11	2,34	218,02	2,55	357,39
3,47E-03	0,11	2,34	216,65	2,55	355,13
1,15E-02	0,11	2,33	215,72	2,55	355,08
3,18E-03	0,11	2,33	215,35	2,55	352,95
1,97E-02	0,11	2,33	215,48	2,55	356,18
2,31E-02	0,11	2,28	188,85	2,50	312,70
2,07E-02	0,11	2,12	133,04	2,34	220,03
3,09E-03	0,11	2,35	224,77	2,57	368,37
1,13E-02	0,11	2,33	211,76	2,54	348,53
2,19E-03	0,11	2,32	206,61	2,53	338,45
1,08E-02	0,11	2,30	201,78	2,52	332,02
2,36E-03	0,11	2,30	198,54	2,51	325,26

2,43E-03	0,11	2,28	191,12	2,50	313,11
2,47E-03	0,11	2,28	189,83	2,49	311,01
1,94E-02	0,11	2,25	176,56	2,47	291,80
1,92E-02	0,11	2,24	171,83	2,45	283,95
1,06E-02	0,11	2,23	168,81	2,44	277,73
7,41E-03	0,11	2,37	232,88	2,58	382,52
3,55E-03	0,11	2,34	219,06	2,56	359,10
1,00E-03	0,11	2,35	222,36	2,56	364,03
1,01E-03	0,11	2,34	219,91	2,56	360,02
1,01E-03	0,11	2,34	217,97	2,55	356,84
1,01E-03	0,11	2,33	216,01	2,55	353,63
1,63E-03	0,11	2,32	207,41	2,53	339,66
8,67E-04	0,11	2,31	203,14	2,52	332,54
1,40E-03	0,11	2,29	196,53	2,51	321,81

Amostras
40

Equação: $\text{LogS1} = \log a + b \cdot \log N$	
b	log a
-0,2114	3,6333

Trabalhada a frio (D > 16)	
S	N
419,89	3,82E+04
419,89	5,73E+04
384,72	7,72E+04
384,72	1,75E+05
350,25	1,66E+05
350,25	2,07E+05
315,09	4,08E+05
315,09	3,88E+05
280,61	6,45E+05
280,61	1,77E+06
262,00	1,24E+06
262,00	1,47E+06
210,00	4,04E+06
217,86	2,93E+06
230,62	1,83E+06
250,25	1,60E+06
270,85	1,20E+06
283,61	9,70E+05
293,42	8,00E+05
130,28	2,51E+06
198,21	8,94E+05
153,60	1,99E+06

Log		Ajuste Linear	
Log s	Log N	Log S1	S1
2,62	4,58	2,66	461,99
2,62	4,76	2,63	424,03
2,59	4,89	2,60	398,13
2,59	5,24	2,52	334,92
2,54	5,22	2,53	338,68
2,54	5,32	2,51	323,27
2,50	5,61	2,45	280,02
2,50	5,59	2,45	282,98
2,45	5,81	2,41	254,15
2,45	6,25	2,31	205,43
2,42	6,09	2,35	221,50
2,42	6,17	2,33	213,40
2,32	6,61	2,24	172,48
2,34	6,47	2,27	184,57
2,36	6,26	2,31	204,00
2,40	6,21	2,32	209,64
2,43	6,08	2,35	223,06
2,45	5,99	2,37	233,16
2,47	5,90	2,39	242,85
2,11	6,40	2,28	190,66
2,30	5,95	2,38	237,24
2,19	6,30	2,30	200,37

169,89	2,59E+06	2,23	6,41	2,28	189,48
140,83	2,65E+06	2,15	6,42	2,28	188,49
183,09	1,26E+06	2,26	6,10	2,34	220,52
305,81	1,85E+05	2,49	5,27	2,52	330,99
311,16	3,07E+05	2,49	5,49	2,47	297,30
281,26	4,13E+05	2,45	5,62	2,45	279,27
286,24	4,68E+05	2,46	5,67	2,43	272,03
225,87	7,77E+05	2,35	5,89	2,39	244,35
225,87	8,32E+05	2,35	5,92	2,38	240,84
254,30	8,49E+05	2,41	5,93	2,38	239,79
233,11	4,92E+06	2,37	6,69	2,22	165,38
243,71	4,93E+06	2,39	6,69	2,22	165,35
140,81	2,80E+06	2,15	6,45	2,27	186,28
155,27	2,94E+06	2,19	6,47	2,27	184,43
130,41	5,52E+06	2,12	6,74	2,21	161,43
189,53	6,82E+05	2,28	5,83	2,40	251,15
167,88	1,01E+06	2,22	6,01	2,36	231,01
145,71	1,66E+06	2,16	6,22	2,32	208,09

Intervalo confiança T Student				
Erro padrão	t	Media log S	Soma Log s - media	1 + 1/n
0,0891	2,0244	2,3781	0,7997	1,0250

<i>(Log s - Media Log s)^2</i>	<i>95 % de confiabilidade</i>	<i>Log S1 (-)</i>	<i>S1 (-)</i>	<i>Log S1(+)</i>	<i>S1 (+)</i>
6,01E-02	0,19	2,48	298,88	2,85	714,10
6,01E-02	0,19	2,44	274,33	2,82	655,43
4,29E-02	0,19	2,41	258,68	2,79	612,78
4,29E-02	0,19	2,34	217,60	2,71	515,48
2,77E-02	0,19	2,34	220,89	2,72	519,28
2,77E-02	0,19	2,32	210,84	2,70	495,65
1,45E-02	0,18	2,26	183,24	2,63	427,91
1,45E-02	0,18	2,27	185,18	2,64	432,44
4,91E-03	0,18	2,22	166,72	2,59	387,43
4,91E-03	0,18	2,13	134,76	2,50	313,17
1,62E-03	0,18	2,16	145,42	2,53	337,37
1,62E-03	0,18	2,15	140,11	2,51	325,04
3,12E-03	0,18	2,05	113,19	2,42	262,81
1,59E-03	0,18	2,08	121,18	2,45	281,12
2,30E-04	0,18	2,13	133,98	2,49	310,60
4,12E-04	0,18	2,14	137,68	2,50	319,21
2,99E-03	0,18	2,17	146,40	2,53	339,87

5,57E-03	0,18	2,18	152,92	2,55	355,49
8,00E-03	0,18	2,20	159,18	2,57	370,50
6,93E-02	0,19	2,09	123,07	2,47	295,38
6,55E-03	0,18	2,19	155,56	2,56	361,80
3,67E-02	0,19	2,12	130,39	2,49	307,93
2,19E-02	0,18	2,09	123,76	2,46	290,09
5,26E-02	0,19	2,09	122,17	2,46	290,82
1,33E-02	0,18	2,16	144,35	2,53	336,89
1,15E-02	0,18	2,34	216,76	2,70	505,43
1,32E-02	0,18	2,29	194,61	2,66	454,16
5,05E-03	0,18	2,26	183,19	2,63	425,74
6,19E-03	0,18	2,25	178,39	2,62	414,83
5,86E-04	0,18	2,21	160,47	2,57	372,07
5,86E-04	0,18	2,20	158,16	2,56	366,73
7,44E-04	0,18	2,20	157,47	2,56	365,16
1,10E-04	0,18	2,04	108,62	2,40	251,81
7,76E-05	0,18	2,04	108,60	2,40	251,76
5,26E-02	0,19	2,08	120,74	2,46	287,40
3,50E-02	0,19	2,08	120,06	2,45	283,29
6,90E-02	0,19	2,02	104,21	2,40	250,08
1,01E-02	0,18	2,22	164,54	2,58	383,37
2,34E-02	0,19	2,18	150,83	2,55	353,82
4,60E-02	0,19	2,13	135,10	2,51	320,54