

# Proposta de Implementação de um Novo Método de Ensaios de Tração por Amostragem Estatística em Bobinas Negras e Decapadas.



Caroline Romano<sup>1</sup>; Denilson da Silveira; Joelma França Corrêa da Silveira;  
Nelson Flávio Dias Vanzetti<sup>4</sup>.  
<sup>1</sup> Centro Universitário - Unifacear

## RESUMO

*Com a competitividade de mercado mais acirrada, cada vez mais há uma busca por excelência e agilidade para atender o cliente de modo que minimize as chances para o concorrente. Nesse contexto surge a amostragem para ensaios de tração como uma ferramenta de apoio, que juntamente com a utilização das ferramentas da qualidade pode se tornar para a empresa um forte diferencial estratégico para todos os segmentos de laboratório. O presente trabalho tem como objetivo principal reduzir o tempo e o custo dos ensaios em laboratório para análise de materiais alternativos de componentes do produto, que atendam as especificações pré-definidas pelo cliente. O trabalho foi realizado com pesquisa exploratória, bibliográfica, descritiva e explicativa utilizando como ferramenta principal a amostragem, um diferencial nos ensaios de tração, além disso, dentro desse presente estudo foi abordado também ferramentas da qualidade como kaizen Brainstorming e Ciclo PDCA. Estas ferramentas produziram excelentes resultados, desde a identificação da causa raiz e a solução do problema, com substancial redução do tempo e dos custos associados. Experiência esta trouxe a perspectiva de agregar conhecimento com sua implementação, além de trazer benfeitorias e maior lucratividade para a empresa.*

*Palavras chave: Amostragem, Ciclo PDCA, Ensaios de tração.*

## ABSTRACT

*Due to the strong market competitiveness nowadays, more and more, the pursuit for excellence is mandatory face to the competitor. On this context, traction tests through statistical samples method appears as a support tool in addition with quality tools can become to the company a strong strategic differential, including for all laboratory segment. The main objective of this paper is to offer a real proposal to reduce time and cost on test laboratory activities analyzing alternative materials of product components based on customer specifications. The paper has been carried out with exploratory, bibliographic, descriptive and explanatory research using as main tool the sampling, a differential in the tensile tests. In addition, within of this present study has been possible to use the quality tools like, Kaizen Brainstorming and PDCA Cycle. These tools generated excellent results pursuing the root cause identification, and the solution of the problems very common in laboratory environments adding knowledge with this implementation, bringing profitability for the company.*

*Key Words: Sampling, PDCA cycle, Traction tests*

## 1. INTRODUÇÃO

Com a competitividade atual de mercado cada vez mais acirrada, as empresas buscam excelência e agilidade a todo instante para atender o cliente, de modo a minimizar as chances da concorrência no que tange qualidade e serviços. Em uma indústria metalúrgica situada em Araucária, foi proposta a implementação de um novo método de ensaios de tração por amostragem estatística de bobinas negras de decapadas para se agilizar o processo de aprovação de um material alternativo que atenda às necessidades do cliente, objetivando rapidez e precisão na resposta aos clientes.

A quantidade demandada de ensaios de tração no laboratório de propriedades mecânicas da referida metalúrgica, consome tempo e eleva o custo dos ensaios para análise de materiais alternativos. Por meio deste método proposto, e com o auxílio das ferramentas da qualidade, espera-se identificar um grau de aço alternativo para chapas de aço decapadas que atendam às necessidades do cliente, isto para evitar a realização dos testes de tração mais de uma vez para o mesmo grau de aço de uma mesma corrida (bobina mãe, que dá origem as demais bobinas menores), que possui as mesmas características químicas e mecânicas, comprovando-se assim, que será possível a utilização do material alternativo em questão com a alimentação de um software para consulta.

No quesito reduzir desperdícios as ferramentas da qualidade apresentam-se com bom desempenho, na solução da busca pelas causas raiz dos problemas, ao qual aplicou-se as ferramentas Ishikawa e Brainstorming. Com o ciclo PDCA, buscou-se o eficaz gerenciamento dos planos de ação a serem implementados.

O foco do trabalho reside no embasamento estatístico por amostragem, estudo de MSA (Análise dos Sistemas de Medição) e o auxílio do diagrama de dispersão para os ensaios de tração que fundamentam as decisões corretas de materiais alternativos, identificando-se as causas raiz do problema, atendendo as especificações exigidas pelo cliente, além de criar um procedimento de trabalho padronizando visando a redução do tempo e do custo na operação dos ensaios de teste de tração.

A amostragem é uma técnica, que constitui em selecionar um grupo de produtos dentro de uma quantidade muito grande deste mesmo produto, a fim de analisar e caracterizar está grande quantidade de produtos. Conforme Correa (2003, p.28) para se realizar um estudo nem sempre se tem acesso a todos os elementos de uma população de interesse, tem-se geralmente que trabalhar apenas com uma amostra dessa população, o tamanho da amostra varia de acordo com o nível de confiabilidade desejado.

## 2 APRESENTAÇÃO DO ESTADO ATUAL

### 2.1 Introdução à empresa

O presente estudo foi realizado em uma empresa metalúrgica situada na cidade de Araucária, no Paraná, no ano de 2019. A empresa é um centro de serviços especializado nos processos de decapagem, cortes transversais, longitudinais e ferramentados em aços planos de laminação a quente, a frio e revestimentos, para aplicações em indústrias dos segmentos automotivos, máquinas e equipamentos, construção, agrícola, eletrodomésticos e embalagem, entre outros.

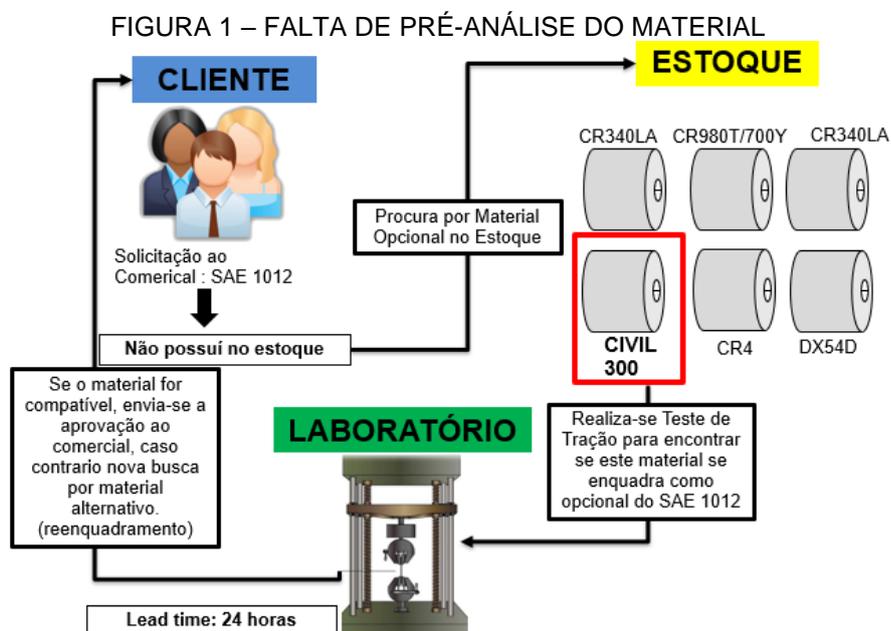
### 2.2 Problema do projeto

Hoje há um gargalo em relação a quantidade de ensaios de tração existentes em um laboratório de uma metalúrgica “X”, onde o cliente consome mensalmente uma quantidade “a” de toneladas de bobinas de aço negro e decapado. O problema surge, quando a demanda de produção é elevada em um determinado mês, e não há em estoque o grau de aço utilizado para um dos clientes da empresa, (cujo houve o consumo maior do que o previsto) e sem condições de pedir a usina, uma nova bobina, pois esta leva em torno de três meses para ser produzida. Desta forma, há a necessidade de busca de um material alternativo, que possa atender as especificações químicas e mecânicas desejadas do material original.

O processo se inicia, quando o cliente solicita ao comercial uma quantidade a mais do que se é consumido mensalmente de material. Realiza-se esta busca por material no sistema SAP, (sigla alemã para *Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung*, traduzida para o português, Sistemas Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados). Depois de encontrado este suposto material alternativo que irá atender à demanda, é enviada uma solicitação do comercial via e-mail, de realização de ensaio de teste de tração na bobina originalmente encontrada como alternativa, que comprovará a eficácia pretendida.

Ao chegar à solicitação de ensaio de tração o colaborador tem o tempo de até 48 horas para realizar o ensaio de tração com espessuras até 3mm, levando em conta o tempo de ir até o armazém e a retirada de amostra, realização do corpo de prova e a realização do ensaio de tração, gasta-se um tempo de 01h:41min. Caso a bobina contenha uma espessura acima de 3mm, deve-se encaminhar a amostra para a realização do corpo de prova em uma empresa terceira, que leva até 48 horas para a realização e gera um custo de R\$100,00, pois não há uma guilhotina capaz de cortar o

material na empresa. Depois que o corpo de prova retorna, tem-se 24 horas para realizar o ensaio e enviar a resposta ao comercial, se aprovado reclassifica a bobina no SAP, caso contrário realiza-se uma nova busca de material.



FONTE: AUTORES 2019

### 2.3 VSM ATUAL

Para Krajewski (2009, p. 298) o mapeamento do fluxo de valor (MFV) é uma pesquisa de investigação de base da produção enxuta, usada com o objetivo de eliminar o desperdício. No anexo A do “VSM” é apresentado pelos autores de forma clara e visual estado atual do processo de “busca de um material alternativo, para bobinas negras e decapadas”, e que os ensaios serão feitos depois que o cliente solicita o material, desta forma fazendo-se vários ensaios até que se encontre um material dentro das exigências do cliente, demonstrando-se o tempo do ciclo Lead Time e o número de operadores envolvidos no processo, e quanto tempo gera estes processos.

Através do VSM encontram-se os possíveis problemas, durante o fluxo: ao qual se deve analisar, qual é a causa, e qual será a melhor solução.

## 3 METODOS DE SOLUÇÕES DO PROBLEMA

### 3.1 Brainstorming

O Brainstorming ou “tempestade de ideias” para Leusin *et al.* (2008, p.102) é “um processo de grupo em que os indivíduos emitem ideias de forma livre, sem críticas

no menor espaço de tempo possível”. Após realizar a análise do VSM atual, reuniram-se os colaboradores envolvidos no processo onde foi aplicada a ferramenta *Brainstorming*, estimulando-os a participarem de ações que irão propor uma solução para o problema detectado no setor conforme a tabela 01.

TABELA 1 – LISTA DE PROBLEMA E SOLUÇÃO.

LISTA DE PROBLEMAS				
P	PROBLEMA	S	SOLUÇÃO	CLASSIFICAÇÃO DE IMPORTÂNCIA
P1	Falta de funcionário no laboratório.	S1	Contratação de um novo funcionário	3
P2	Nenhuma análise antecipada, realizando ensaios mais de uma vez.	S2	Software de apoio com base na amostragem da retirada das bobinas de um mesmo lote fornecedor.	5
P3	Não haver matéria prima extra na planta.	S3	Compra do material exato na hora da solicitação.	1
P4	Não ter uma máquina de guilhotina que realiza ensaios para espessuras acima de 3 mm. Contendo, variação no corpo de prova, por ser retirado de forma manual.	S4	Compra de uma máquina de guilhotina nova que atenda a essa demanda.	2
P5	Não há tempo para realizar as outras funções do funcionário do laboratório, ficando preso a esta atividade.	S5	Terceirização dos ensaios de tração da empresa.	1

**P= problemas; S= solução.**

**Régua de 1 a 5, sendo 1 menos significativo e 5 altamente significativo.**

FONTE: AUTORES 2019

Pode-se considerar que a solução viável que obteve a maior classificação de importância, será a implementação de um Software. Por conter um baixo custo, o Excel (editor de planilhas produzido pela Microsoft) que já é utilizado por seus colaboradores na empresa “X”, será adotado como software de apoio, evitando-se, maiores desperdícios.

### 3.2 VSM ESTADO FUTURO

No fluxo futuro demonstrado no Anexo B, mostra-se que os ensaios de tração serão feitos na chegada do material na empresa, feitos em uma bobina de cada corrida (lote), os resultados armazenados em uma planilha de dados, quando precisar de um material alternativo para atender ao pedido de um cliente, este mesmo material poderá ser consultado na planilha (Excel), sem precisar fazer vários ensaios até achar o material que se enquadre dentro das exigências do cliente.

### 3.3 CICLO PDCA

Para Werkema (1995, p.17) o PDC é “um método gerencial de tomada de decisões para assegurar o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização”. Foi desenvolvido um novo VSM para o estado futuro, conforme o Anexo D. Posteriormente foi realizado um follow-up para as atividades relacionadas a solução, delegando-se um prazo para o plano de ação para seus responsáveis. Conforme tabela 2:

TABELA 2: RESPONSABILIDADES PARA O PLANO DE AÇÃO (VSM)

ITEM	DESCRIÇÃO DE ATIVIDADE	RESPONSÁVEL	PRAZO PLANEJADO	PRAZO MODIFICADO	Nº DE REVISÕES	PDCA
S1	Definir os possíveis materiais a serem analisados para alimentar o software.	Laboratório	Mai 2019			
S2	Alimentar o Software	Laboratório	Junho 2019			
S3	Analisar simuladamente os resultados planejados e comprovar efetividade	Laboratório	Outubro 2019			

**S= SOLUÇÃO**

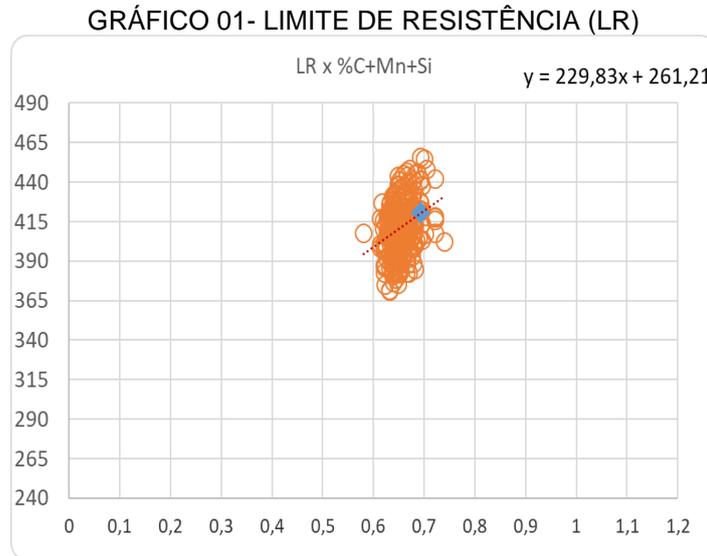
FONTE: AUTORES 2019

## 4. DESDOBRAMENTO DO PLANO DE AÇÃO CONFORME TABELA 2.

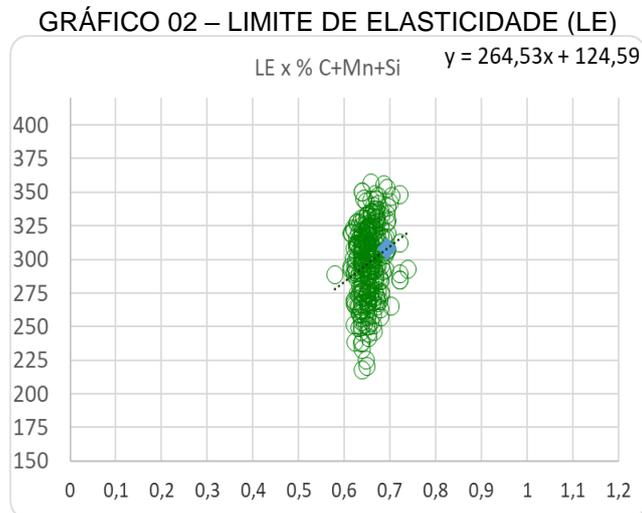
### 4.1 – S1 – DEFINIÇÃO DOS POSSÍVEIS MATERIAIS A SEREM ANALISADOS PARA ALIMENTAR O SOFTWARE.

Definiu-se a utilização de materiais laminados a quente e materiais decapados por esse tipo de material não passar por processos de recozimento que não interfere significativamente na propriedade mecânica. A planilha de reenquadramento para laminados a quente e decapados funcionam-se analisando parâmetros de C (Carbono), Si (Silício), Mn (Manganês), para cada grau de aço, gerando-se uma função do Gráfico de Dispersão. Os dados da função do gráfico são utilizados para gerar valores de LR (Limite de Resistência), LE (Limite Elástico) e AI (Alongamento).

Pode-se observar pelo Gráfico de Dispersão o LR (limite de resistência), LE (limite de elasticidade), Al (Alongamento) respectivamente do gráfico 1 ao gráfico 3, que o material negro ou decapado gerado pela planilha de reenquadramento, através da simulação, encontra-se dentro da linha de tendência, apto para realizar o ensaio de tração do material alternativo encontrado, onde o mesmo será aprovado.

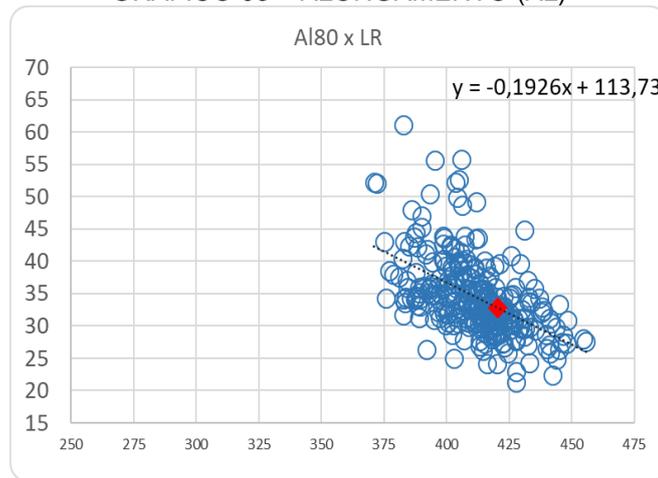


FONTE: AUTORES 2019



FONTE: AUTORES 2019

GRÁFICO 03 – ALONGAMENTO (AL)



FONTE: AUTORES 2019

São imputados no software (planilha do Excel) de reenquadramento os valores de C, Si, e Mn da bobina analisada, conforme tabela 03.

TABELA 03 – VALORES DE C, Si E Mn.

C	0,04
Si	0,005
Mn	0,245

FONTE: AUTORES 2019

Na base de cálculo, estabeleceu-se uma margem de segurança, de no mínimo 5% e de no máximo 7%. Com base nos valores dados, é possível comparar o valor dado em planilha do material alternativo, o reenquadramento e verificar se o mesmo se encaixa na norma, do grau de aço que é utilizado originalmente, ou seja, na demanda mensal do cliente, comprovando-se, que o material está apto para a utilização conforme tabela 04:

TABELA 04 – RESULTADO COM MARGEM DE SEGURANÇA

y=[A*(C+Mn+Si)]+B			y=(A*LR)+B			valor	min	max	
	A	B		A	B				
LR	137,37	301,91	Al	-0,1818	101,17	LR	336	319	352
LE	117,5	229,13				LE	258	245	271
						Al	40	37	43

FONTE: AUTORES 2019

#### 4.2 – S2 – ALIMENTAR O SOFTWARE

Com a base de cálculo estabelecida, é necessária a alimentação da planilha sempre que chegar um lote fornecedor novo, pois quanto maior a quantidade de dados maior será sua confiabilidade. Na tabela 05, é demonstrado como é a planilha e suas informações.

TABELA 05 – INFORMAÇÕES DA PLANILHA DE REENQUADRAMENTO

Grau	LR	LE	AL	Dureza H	C%	Si %	Mn%
1008	358,16	275,57	37,37	66,09	0,060	0,007	0,333
1012	414,11	294,40	31,23	75,62	0,130	0,011	0,510
1012	414,12	294,34	32,82	77,30	0,120	0,011	0,510
1008	361,75	268,25	38,86	65,36	0,060	0,006	0,344
1006	346,43	262,98	40,58	61,32	0,042	0,010	0,219
1008	355,41	272,01	37,43	62,24	0,063	0,004	0,351
1012	422,86	302,03	31,53	77,20	0,130	0,009	0,540
1012	400,72	289,69	36,32	64,51	0,120	0,008	0,510
1008	360,65	270,71	42,09	61,51	0,060	0,005	0,343
1006	338,32	252,32	38,15	62,70	0,024	0,004	0,217
1012	406,30	290,33	32,55	72,86	0,120	0,007	0,500
1006	340,78	261,00	39,41	62,13	0,040	0,007	0,224
1008	354,41	265,68	39,25	64,85	0,060	0,009	0,311
1008	352,38	265,38	37,93	62,49	0,070	0,008	0,335
1012	409,43	299,36	37,43	76,64	0,120	0,013	0,520
1008	359,99	267,97	41,98	66,37	0,070	0,004	0,343

FONTE: AUTORES 2019

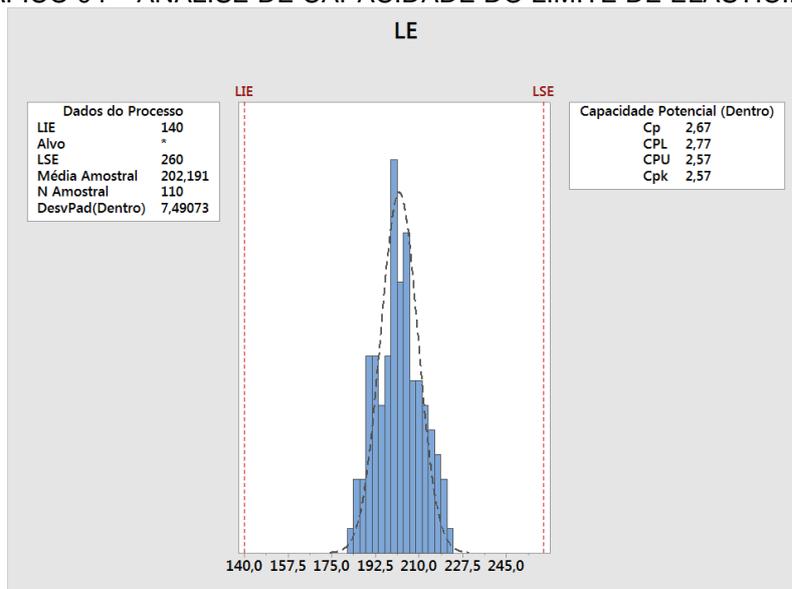
Onde LR significa limite de resistência, LE (limite de elasticidade), Al (alongamento), C (carbono), Si (silício), Mn (manganês).

#### 4.3 – S3 - ANALISAR SIMULADAMENTE OS RESULTADOS PLANEJADOS E COMPROVAR EFETIVIDADE

Para comprovar a eficácia do software Excel de reenquadramento (planilha) retiraram-se 110 amostras de uma bobina negra do grau de aço SAE 1006, utilizando-se as variáveis: Limite de Elasticidade (LE), Limite de Resistência (LR) e o Alongamento (Al) que são os principais fatores que influenciam no resultado, para que o material alternativo seja aprovado ou reprovado.

Segundo Samohyl (2009, p. 159) o índice de capacidade ( $C_p$ ) é a distância entre o limite de especificação superior (LES) e o limite de especificação inferior (LEI) dividido pela variabilidade real do processo, desta forma utilizou-se a Análise de Capacidade para validar. No Limite de Elasticidade (LE) utilizou-se a norma, para definir os limites superiores e inferiores do grau de aço 1006, para verificar se as amostras realizadas estão dentro do padrão de norma determinado, onde esse varia de 140 Mpa (mínimo), e 260 Mpa (máximo), conforme demonstrado no gráfico 04 da análise de capacidade:

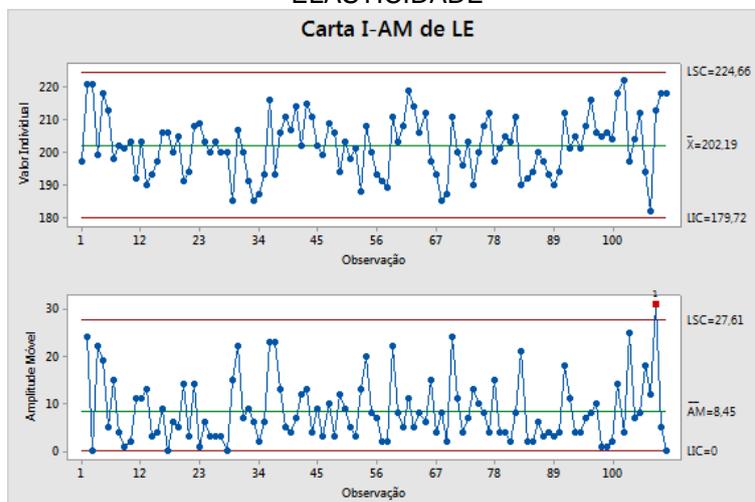
GRÁFICO 04 – ANÁLISE DE CAPACIDADE DO LIMITE DE ELASTICIDADE



FONTE: AUTORES 2019

Ao analisar o gráfico nota-se que o  $Cpk$  está com 2,57, que são considerados satisfatórios, a distribuição está centrada e há uma baixa variação em relação à faixa dos limites de especificação.

GRÁFICO 05 – CARTA DE VALOR INDIVIDUAL E AMPLITUDE MÓVEL DO LIMITE DE ELASTICIDADE



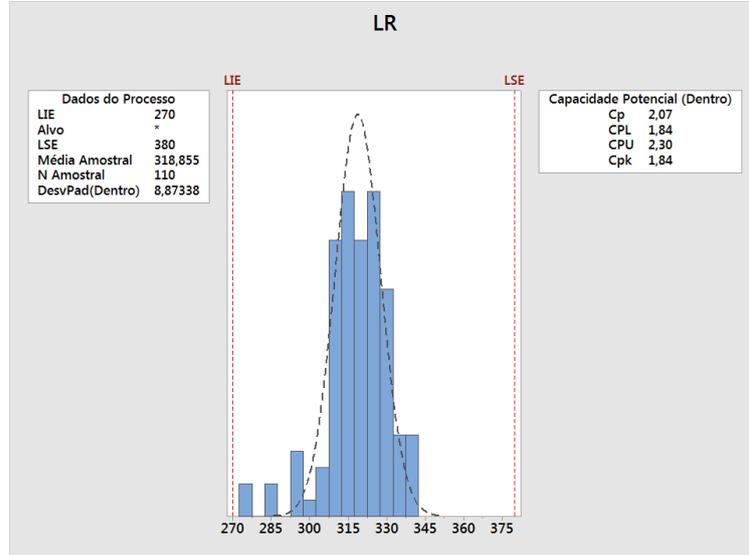
FONTE: AUTORES 2019

Ao gerar a carta de valor individual e amplitude móvel do limite de elasticidade nota-se que há uma variação em relação à média das amostras, observando-se que uma das amostras se encontra fora da média. Na amplitude móvel, o limite inferior de controle é zero, pois este é o menor valor não negativo, e se pode perceber que há uma amostra fora do limite superior de controle.

Da mesma forma realizou-se no Limite de Resistência (LR), para verificar se as amostras realizadas estão dentro do padrão de norma, observa-se que há uma a

variação de 270 Mpa (mínimo), e 380 Mpa (máximo), conforme demonstrado no gráfico 06 da análise de capacidade:

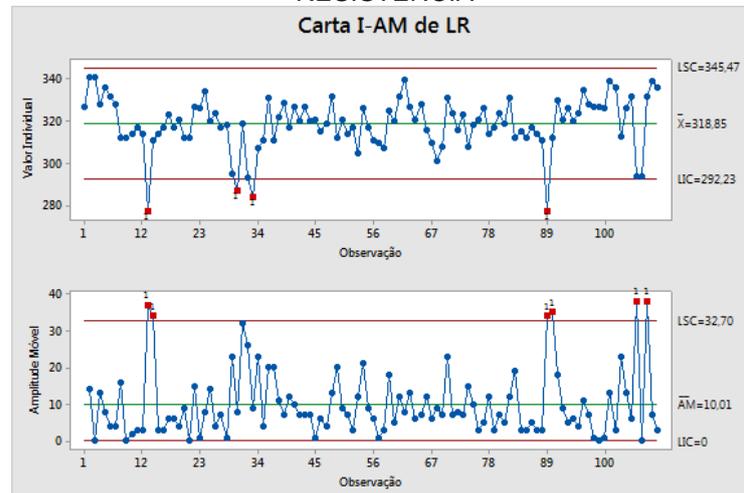
GRÁFICO 06 – ANÁLISE DE CAPACIDADE DO LIMITE DE RESISTENCIA



FONTE: AUTORES 2019

O Cpk se encontra com 1,84 que é considerado satisfatório, significa que a distribuição está centrada, e há uma variação de algumas amostras, dentro dos limites especificação.

GRÁFICO 07 – CARTA DE VALOR INDIVIDUAL E AMPLITUDE MÁVEL DO LIMITE DE RESISTENCIA



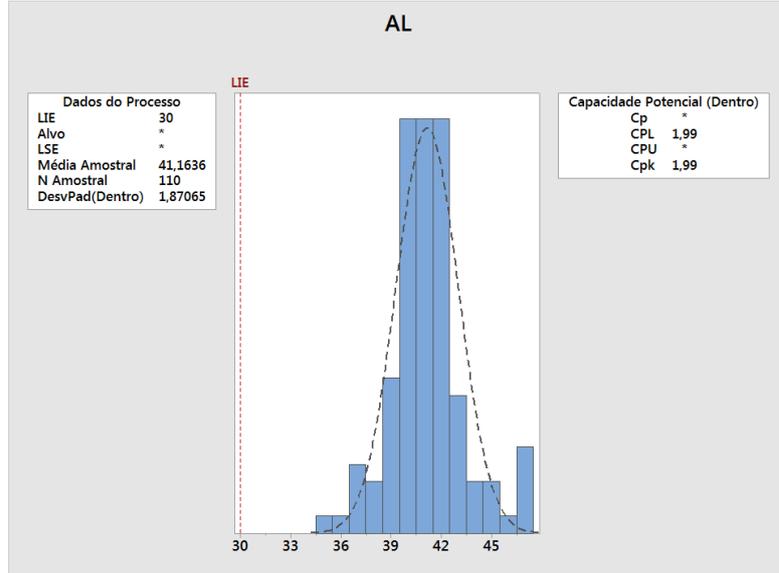
FONTE: AUTORES 2019

Ao gerar a carta de valor individual e amplitude móvel do limite de resistência, nota-se que há uma variação em relação à média das amostras, observando-se que uma das amostras se encontra fora da média. Na amplitude móvel, o limite inferior de controle é zero, nota-se que há uma variação maior com algumas amostras fora do limite superior

de controle, lembrando que cada ponto é uma amostra retirada e realizada o ensaio de tração.

No Alongamento (AL), para verificar se as amostras realizadas estão dentro do padrão de norma, tem-se que o mínimo considerado seja de 30%, conforme demonstrado no gráfico 08 da análise de capacidade:

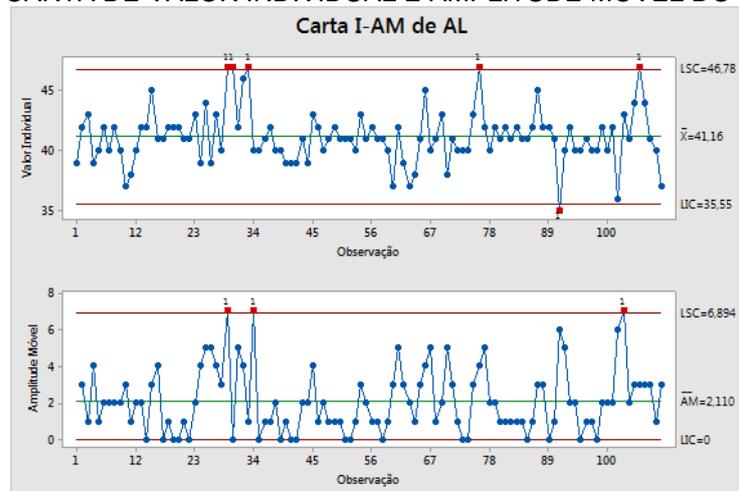
GRÁFICO 08 – ANÁLISE DE CAPACIDADE DO ALONGAMENTO



FONTE: AUTORES 2019

O Cpk está com 1,99 que é considerado satisfatório, a distribuição está centrada, e há uma variação de algumas amostras, porém dentro dos limites especificação.

GRÁFICO 09 – CARTA DE VALOR INDIVIDUAL E AMPLITUDE MÓVEL DO ALONGAMENTO



FONTE: AUTORES 2019

Ao gerar a carta de valor individual e amplitude móvel do alongamento nota-se que há uma variação em relação à média das amostras, observando que uma das

amostras se encontra fora da média. Na amplitude móvel, há uma variação maior com algumas amostras fora do limite superior de controle, podendo haver uma variação no processo da usina, o que impacta nos resultados do ensaio de tração.

## **5 LIMITAÇÃO DA PESQUISA**

Para reenquadramento de laminado a frio e galvanizado, não é possível utilizar regras similares às utilizadas para laminado a quente, pois esse tipo de material passa por processos de recozimento que interferem mais significativamente na propriedade mecânica, do que a sua composição química.

A base dos dados para aços laminados a frio e galvanizados, não possui ainda dados suficientes de Dureza para que possa ser realizada uma correlação, entre dureza LE (limite de elasticidade) e LR (limite de resistência), Já foram coletados alguns dados de dureza, porém alguns destes tiveram que ser descartados, devido à dificuldade de onde se é retirada a amostra para o ensaio, seja a calda (fim da bobina) ou a ponta da bobina, região que muitas vezes se encontra encruada (processo de recozimento não atuou de forma significativa no material, com isso, há variação nas propriedades mecânicas).

## **6. ANÁLISES E RESULTADOS**

Considerando-se, que hoje é necessário realizar no mínimo 5 ensaios de tração por grau de aço que será utilizado para o reenquadramento, e que cada preparo para o ensaio de tração leva um tempo total de 01 hora e 41 minutos desde a retirada da amostra no armazém, realização do corpo de prova e ensaio de tração.

Para espessuras acima de 3 mm é enviado a amostra para a realização do corpo de prova em uma empresa terceirizada que possui um *lead time* de até 72 horas, o que gera um custo de R\$ 100,00 por corpo de prova, e que o mesmo retornará a empresa "X" para a realização do ensaio de tração. Já para materiais até 3 mm de espessura, o corpo de prova é realizado na própria empresa e passa direto para o ensaio de tração, com um *lead time* de até 48 horas. Para a realização de cada ensaio de tração é considerado um tempo de 5 minutos. É possível identificar o benefício com a implementação do *software* conforme tabela 06:

TABELA 06: COMPARATIVO ESTADO ATUAL E ESTADO FUTURO

	ESTADO ATUAL		ESTADO FUTURO	
	Espessura <=3 mm.	Espessura >3 mm.	Espessura <=3 mm.	Espessura >3 mm.
Graus de Aço em espera (Quantidade)	1	1	1	1
Tempo Ensaio de tração (min)	5	5	5	5
Quantidade realizada por grau de aço	5	5	1	1
Tempo para realização do corpo de prova (min)	20	40	20	40
Retirada da Amostra (min)	60	60	60	60
<b>Total de tempo utilizado (Hrs):</b>	<b>7,08</b>	<b>8,75</b>	<b>1,42</b>	<b>1,75</b>
Custo Corpo de Prova	0	R\$ 100,00	0	R\$ 100,00
Salário/Hora funcionário empresa "X"	R\$9,90	R\$9,90	R\$9,90	R\$9,90
<b>Total de Custo:</b>	<b>R\$70,09</b>	<b>R\$553,63</b>	<b>R\$14,03</b>	<b>R\$110,73</b>

FONTE: AUTORES 2019

Aproximadamente um ganho de 79,94% do tempo e 79,98% de redução de gastos nas realizações de ensaio de tração para as bobinas negras e decapadas, para espessuras até 3 mm, já para espessuras com mais de 3 mm de espessura, houve um ganho de 80% do tempo e de 79,99% de redução de gastos. No caso do VSM que se encontra nos Anexos C e D, notamos uma redução de tempo no processo de ensaios de tração significativo, deixando o fluxo 9,63% mais rápido.

## 7. CONCLUSÃO

O presente artigo demonstrou uma proposta de implementação de ensaios de tração amostragem estatística, escolhido como produto piloto, bobinas de aço negras e decapada na empresa "X", localizada na cidade de Araucária, no estado do Paraná no ano de 2019.

Com a implementação do software de apoio, houve uma redução significativa no tempo e custo dos ensaios de tração além de trazer um ganho na qualidade da execução da operação e principalmente profissional do colaborador envolvido na atividade onde o mesmo terá mais tempo para executar suas funções.

Considerada eficaz, a planilha está apta para uso, apenas para bobinas negras e decapadas, com uma confiabilidade de 95%, onde a planilha apresenta-se valores estimados das propriedades químicas e mecânicas, devido o range das normas permitirem, desta forma o processo necessita de uma retroalimentação para que haja uma precisão e exatidão dos valores deixando-se, de ser um valor estimado, o que nos leva ao *Kaizen*, o processo de melhoria contínua, para que haja uma confiabilidade o que gera tempo e dedicação, por ser necessária a alimentação constante da planilha de software, e o controle através do estudo de capacidade e carta CEP que como

demonstrado no presente estudo foi considerado satisfatório. Desta forma, futuramente, com a alimentação obterá uma exatidão com valores precisos e não haverá a necessidade da realização de ensaios de tração, sendo possível enviar o resultado da planilha.

Deste modo para que haja uma solução desta dificuldade, planejam-se os próximos passos:

- criar um método de ensaio na máquina de tração para que gere, também a informação do Modulo de Young (um parâmetro mecânico que proporciona uma medida da rigidez de um material linear sólido, dependente da composição química, microestrutura e defeitos como poros, e trincas, em razão sobre a tensão exercida e deformação sofrida pelo material.
- coletar amostras do meio da bobina, aproveitando bobinas que estejam em processo, para realizar ensaios mecânicos e alimentar o *software* de reenquadramento;
- continuar a alimentar o software de reenquadramento de material.

## REFERÊNCIAS

CORREA, Sonia Maria Barros Barbosa, **Probabilidade e Estatística**, 2. ed, Belo Horizonte, Editora PUCMINAS, 2003.

KRAJEWSKI, Lee J.; RITZMAN, Larry; MALHOTRA, Manoj. **Administração de produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 615 p.

LEUSIN, Sérgio; *et. al.*, **Gestão da Qualidade: gestão empresarial**. São Paulo, Editora FGV, 2008.

SAMOHYL, Robert Wayne, **Controle Estatístico de Qualidade**, Rio de Janeiro, Elsevier, 2009.

WERKEMA, M. C.C, **As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos**. V1. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni. Escola de Engenharia, 1995.

# ANEXO A – VSM ATUAL

