



## **Estudo de variáveis que interferem no índice de reprocesso por encolhimento de urdume em tecido retardante à chama através do planejamento de experimentos**

Leigiane Mara de Sousa Santos<sup>1</sup>

Liliane Antunes Resende<sup>2</sup>

Danúbia Natania Parreiras<sup>3</sup>

Gilson Marques Pinheiro<sup>4</sup>

Jeferson Laporais da Silva<sup>5</sup>

**Resumo:** O elevado índice de retrabalho nas organizações é um fator que provoca aumento dos custos, atrasos nas entregas dos pedidos e consequentemente insatisfação dos clientes. Neste trabalho, buscou-se conhecer variáveis que podem influenciar no índice de reprocesso devido à reprovação por encolhimento de urdume de um tecido com acabamento retardante a chama, com objetivo de atingir redução de 50% neste índice. Para isso, o problema foi abordado de forma quantitativa utilizando-se a metodologia de planejamento de experimentos (DOE) e outros recursos estatísticos. Os dados foram coletados através da realização de experimentos cujo objetivo era testar a hipótese de que a temperatura e a velocidade do processo de polimerização influenciam no encolhimento de urdume do tecido. Após análise estatística foi possível comprovar que a velocidade e a temperatura nos níveis propostos no trabalho não influenciam no encolhimento de urdume do tecido pesquisado. No entanto, recomenda-se controlar e manter estável a temperatura da polimerizadeira e realizar novos experimentos utilizando outros níveis dos fatores velocidade e temperatura.

**Palavras-chave:** Encolhimento de urdume. Retrabalho. Tecido retardante à chama. DOE.

1. Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, leigianems@gmail.com.
2. Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, liliane\_antunes\_resende@hotmail.com.
3. Engenheira de Produção, Universidade de Itaúna, danubianatania@hotmail.com.
4. Mestre em Engenharia de Produção, Universidade de Itaúna, gilsonmarques1@gmail.com.
5. Engenheiro Industrial Mecânico, Universidade de Itaúna, jeferson.laporais@gmail.com.

### **1. Introdução**

Diante de um cenário com competitividade acirrada e constantes transformações, as empresas devem buscar inovações e novos métodos para se diferenciarem da concorrência. Para isto é necessário otimizar processos, reduzir custos, qualificar a equipe, investir em novas tecnologias e utilizar ferramentas e técnicas adequadas para a obtenção de produtos que atendam às necessidades do mercado com preços e prazos satisfatórios.

Neste contexto, é necessário que as empresas estejam atualizadas e objetivando sempre a melhoria contínua em seus processos produtivos.

Para tanto este trabalho, realizado em uma indústria têxtil, descreve a busca de



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaúna

melhoria do processo de sanforização de tecidos que apresentam elevado índice de reprocesso devido à reprovação por encolhimento de urdume.

Devido às constantes reprovações de tecidos por encolhimento de urdume foi necessária a realização de estudo, através do planejamento de experimentos, para se conhecer variáveis que interferem no resultado, levantar causas e planejar ações para resolução do problema.

## 2. Metodologia

Do ponto de vista da natureza, esta pesquisa é classificada como aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos sobre a influência de variáveis de processo no encolhimento de urdume de tecidos e, desta forma, relacionar ações para reduzir o índice de reprocesso.

Em relação aos objetivos trata-se de uma pesquisa exploratória, pois visa proporcionar maior familiaridade com as causas que provocam o reprocesso dos tecidos por encolhimento de urdume.

O problema é abordado de forma quantitativa já que os resultados são mensurados, possibilitando o estabelecimento de correlações e a realização de análises através do uso de ferramentas estatísticas que permitem melhor visualização do problema que provoca o reprocesso por encolhimento de urdume.

Esta pesquisa se trata de um estudo de caso, que realiza análises detalhadas de forma a proporcionar melhor entendimento do processo têxtil e possíveis causas que provocam o retrabalho por encolhimento de urdume.

O método utilizado para a realização da pesquisa foi o *design of experiments* (DOE) ou planejamento de experimentos. O DOE é uma metodologia eficiente que utiliza conceitos estatísticos que possibilitam caracterizar um processo, ou seja, definir a relação entre os parâmetros do processo (variáveis de entrada) e as saídas mensuráveis do processo (variáveis de saída) (WEESE, 1998 *apud* MAGALHÃES, 2010). As variáveis de entrada (x ou variáveis independentes ou variáveis fator) são aquelas que afetam o processo e são classificadas como controladas e não controladas. As variáveis de saída (y ou variáveis dependentes ou variáveis resposta) são aquelas influenciadas pelo processo. Estas são estudadas para se verificar a influência das variáveis independentes. As variáveis controladas são modificadas sistemática e simultaneamente, e os efeitos destas mudanças são medidos, modelados e mapeados (DOMENECH, 2001).

O experimento planejado consiste em um ou uma série de testes, onde se faz mudanças propositalmente nas variáveis de entrada de um processo a fim de observar e identificar mudanças correspondentes na resposta de saída (MONTGOMERY, 2004).

A aplicação do DOE, junto com o conhecimento científico disponível e aplicável, dá ao pesquisador uma compreensão sem paralelo do processo. Não há outro enfoque que produza o mesmo nível de compreensão da forma que um processo trabalha. Esta informação é produzida com o menor número possível de experiências e em um tempo curto (DOMENECH, 2001, p. 88).

Domenech (2001) lista os seguintes benefícios que são obtidos com o uso do DOE: melhorar o controle das variáveis do processo; diminuir o tempo de desenvolvimento de produtos; aumentar a produtividade; mapear as relações entre variáveis de controle e respostas; realizar ajustes de novos processos; maximizar a quantidade de informações por



ensaios; representar o processo estudado através de expressões matemáticas e desenvolver estudos prévios através de projetos piloto antes de iniciar a produção na planta.

Segundo Magalhães (2010), para realização de um experimento com resultados satisfatórios deve-se considerar três estratégias que podem ser adotadas de forma individual ou combinada, são elas: a réplica, aleatorização e blocagem.

Réplicas consistem na repetição de um mesmo teste várias vezes, em unidades experimentais diferentes, criando-se uma variação para a variável de resposta que pode ser utilizada para se avaliar a significância estatística do incremento experimental. Ao se aleatorizar um experimento, aumenta-se sua validade, porque aumenta a chance dos efeitos desconhecidos serem distribuídos através dos níveis e fatores. Quando não for possível manter a homogeneidade das condições experimentais, deve-se empregar a blocagem. Essa técnica permite avaliar se a falta de homogeneidade interfere nos resultados. Um bloco consiste de uma parte do experimento completo que se presume ser mais uniforme do que o todo (PAIVA, 2008 *apud* MAGALHÃES, 2010, p. 25).

Montgomery (2004) recomenda a utilização das seguintes etapas durante a realização de um DOE: reconhecimento do problema, escolha dos fatores e níveis, seleção das variáveis resposta, determinação do modelo de planejamento de experimento, realização do experimento, análise dos dados, conclusões e recomendações.

Assim, os dados para análise do problema foram coletados através da realização de experimentos que consistiram na variação dos valores de temperatura e velocidade de processamento do tecido na polimerizadeira, onde os níveis estabelecidos de temperatura foram de 130; 140 e 150°C e de velocidade de 25; 30 e 35 m/min. Em cada ordem de produção (OP) foi retirada uma amostra de tecido sanforizado de no mínimo 80 cm, que posteriormente foi encaminhada ao laboratório para ensaio de encolhimento.

O estudo objetivou comprovar ou não a hipótese de que a velocidade e a temperatura na polimerizadeira contribuem para a ocorrência de reprovação por encolhimento de urdume do tecido 435 FR. Neste sentido, o estudo foi feito por meio da realização de um planejamento de experimentos (DOE) que consistiu em variar os valores de temperatura e velocidade da polimerizadeira, com o objetivo de conhecer o efeito destas características de processo nos resultados da sanforização. Para se fazer o planejamento dos experimentos foi adotada a estratégia fatorial  $2^2$  considerando um ponto central para minimizar e eliminar erros aleatórios, como mostra o QUADRO 1.

Ordem	Ponto central	Blocos	Velocidade (m/min.)	Temperatura(°C)
1	0	1	30	140
2	1	1	35	150
3	1	1	35	150
4	1	1	25	130
5	1	1	25	130

QUADRO 1 – Planejamento dos experimentos

Para a execução do experimento foram utilizados 2500 m de tecidos. Durante o processo houve dificuldade em controlar a temperatura da máquina. Como a temperatura real da máquina não estava de acordo com a temperatura programada, foi necessário utilizar o termômetro portátil para conferir a temperatura real do tecido. Sendo assim decidiu-se utilizar os valores reais de temperatura para realizar o estudo DOE.

Após a realização do experimento na polimerizadeira, o tecido seguiu o fluxo de produção passando pelo *foulard* para ser neutralizado, lavadeira para ser lavado, rama para aplicação do banho de acabamento e por último pela sanforizadeira, para aplicação do encolhimento. Ao final do processo foram retiradas amostras para realização de ensaios de alteração dimensional.

“Entende-se por estabilidade dimensional, as dimensões de um determinado tecido que, uma vez atingidas, não serão modificadas, seja pelas operações de acabamento e lavagem que o tecido deverá sofrer, seja pelo próprio uso” (IFSC, 2011, p. 15).

A maioria dos tecidos é produzida por alguns métodos de entrelaçamento de fios, como a tecelagem ou malharia. A tecelagem constitui a etapa de produção na qual o processo técnico é realizado por teares que possibilitam o entrelaçamento de dois conjuntos de fios (trama e urdume), resultando em tecidos ditos planos (CHEREM, 2004). “Os fios no sentido do comprimento do tecido são conhecidos como fios de urdume, enquanto que os fios na direção da largura como fios de trama ou batida” (CHEREM, 2004, p. 50).

A formação do fio é realizada através da disposição em paralelo e torção das fibras, o que gera uma estrutura espacial que confere ao material uma memória física. “O fio durante o processo de formação do tecido é submetido a tensões que lhe provocam um estiramento; quando retiradas estas tensões tende a sofrer uma retratação em função da recuperação elástica de suas fibras” (CHEREM, 2004, p. 95). O uso diário da roupa também tensiona o tecido, o que modifica sua conformação interna. Porém ao ser lavada e seca, a roupa encolhe devido ao retorno à memória física original, ou seja, os fios se reposicionam novamente para atingir a conformação de equilíbrio (MENDES, 2009).

Segundo o IFSC (2011) as principais causas de alterações dimensionais, sobretudo o encolhimento de urdume nos tecidos, surgem dos diferentes processos de beneficiamento de tecido, devido a ações mecânicas, térmicas e químicas que, na maioria dos casos, se manifestam posteriormente através do encurtamento do tecido na direção longitudinal.

Araújo & Castro (1984) afirmam que os tecidos quando submetidos à lavagem têm tendência ao encolhimento. Este fato se deve, também, ao relaxamento das tensões introduzidas na fiação e principalmente na tecelagem.

Quando os tecidos são colocados em água ocorre um relaxamento das tensões e dos fios, isto porque o tecido tenta a procurar o seu ponto de equilíbrio, provocando sua mudança. No caso do encolhimento mecânico ou compressivo, os fios são aproximados mecanicamente, o que faz com que o tecido seja encolhido na direção do urdume na mesma proporção de quando fosse lavado (UEM, 2000). “Encolhimento compressivo é, portanto, um processo executado no sentido do urdume para controlar o encolhimento dos fios transversais” (UEM, 2000, p. 8).

“Para que o encolhimento do tecido seja mínimo após a confecção existem duas possibilidades, ou seja, aplicam-se produtos químicos que de certa forma fixam as dimensões ou se permite ou obriga o tecido a encolher na fase de acabamento” (ARAÚJO & CASTRO, 1984, p. 810). A FIGURA 1 faz referência a esta última técnica mencionada, onde o encolhimento se dá por compressão (método Sanfor). Nesta figura a região A-B indica a zona de sobrealimentação do tecido, enquanto que a região C-D indica a zona de compressão.

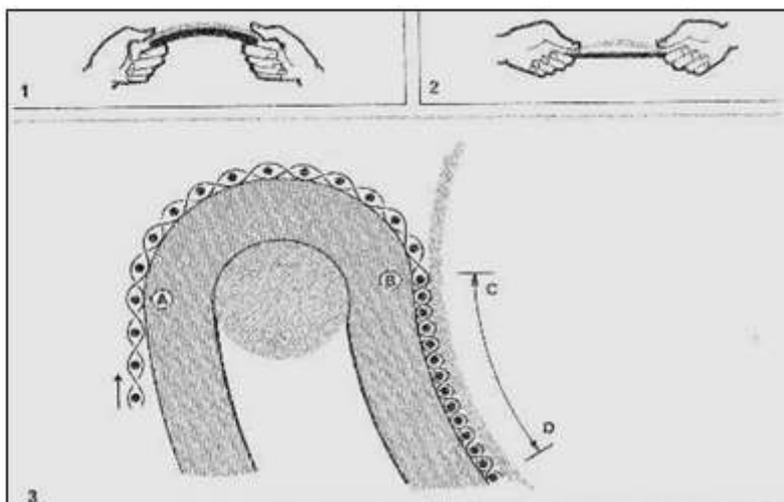


FIGURA 1 – Encolhimento por compressão. Fonte: Araújo & Castro (1984, p. 810).

As máquinas utilizadas para se fazer o pré-encolhimento do tecido são denominadas de sanforizadeiras. “O coração destas máquinas é uma manta de borracha que, graças ao seu arqueamento, obriga o tecido, previamente umidificado, a comprimir-se” (ARAÚJO & CASTRO, 1984, p. 810).

UEM (2000) afirma que existem quatro fatores ou condições importantes que possibilitam o pré-encolhimento mecânico de tecidos, sendo eles:

a) Umidade: é talvez a condição mais crítica dentre as demais, pois para se alcançar bons resultados ela deve ser uniforme em todo o tecido. A umidade ideal que deve ser aplicada depende do tipo de tecido e de seu acabamento.

b) Temperatura: representa um dos fatores importantes para determinar a vida útil da manta de borracha. Altas velocidades de produção requerem temperaturas mais elevadas para se conseguir um encolhimento adequado no tecido.

c) Pressão: se refere à compressão da manta de borracha que realizará a compactação do urdume do tecido para se obter o pré-encolhimento. A compressão dada à manta também é crítica na definição do tempo de vida útil da manta.

d) Duração da pressão: é a velocidade de trabalho da máquina. Cada tecido apresenta uma velocidade máxima relacionada a um nível de encolhimento residual específico.

A temperatura, a tensão, o tempo de contato do cilindro com o tecido, a velocidade do conjunto, a umidade, bem como a alimentação da manta de borracha são alguns fatores que influenciam o encolhimento e o alongamento do tecido (ARAÚJO & CASTRO, 1984).

“Quando um tecido pré-encolhido é lavado, o encolhimento obtido mecanicamente regride na mesma proporção do encolhimento natural com água e nenhuma alteração dimensional será constatada se o encolhimento compressivo tiver sido adequadamente controlado” (UEM, 2000, p. 9).

### 3. Diagnóstico da situação atual e caracterização do problema

Na última etapa do processo de beneficiamento do tecido, são realizados ensaios de controle da qualidade para fins de liberação do tecido. Nos casos de reprovação, os tecidos



são reprocessados. O histórico de reprocesso referente aos últimos doze meses de produção pode ser visualizado no GRÁFICO 1.

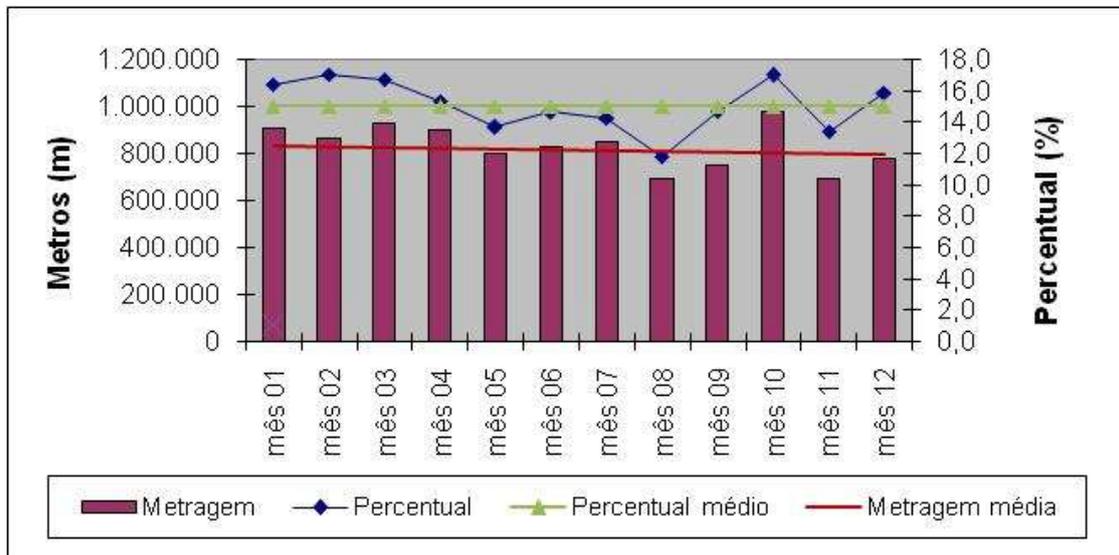


GRÁFICO 1 – Índice de reprocesso

Como se pode observar no GRÁFICO 1, a quantidade média de tecidos reprocessados por mês é de 830 mil metros, ou seja aproximadamente 15% do total produzido. Realizando levantamento dos principais motivos de reprovação de tecidos, foi possível constatar que o maior problema é o encolhimento de urdume, como mostra o GRÁFICO 2.

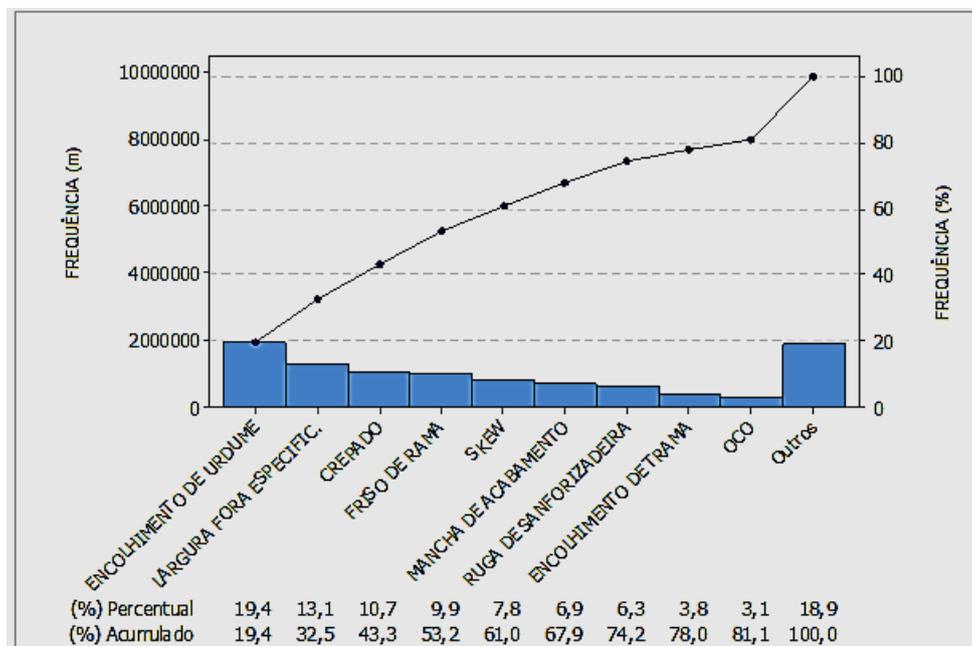


GRÁFICO 2 – Principais motivos de reprocesso.

Após se detectar que o principal motivo do reprocesso é devido à reprovação por encolhimento de urdume, fez-se estratificação dos dados e percebeu-se que o artigo 435 FR era o produto que possuía o maior índice de reprovação por aquele motivo. Neste sentido, foi elaborado histograma dos resultados do ensaio de encolhimento de urdume deste artigo,



conforme ilustrado no GRÁFICO 3. Neste gráfico percebe-se que o índice de desempenho potencial do processo ( $P_p$ ) e o índice de desempenho real do processo ( $P_{pk}$ ) estão menores do que 1 (um), indicando que o processo é incapaz. Então, é necessário melhorar o processo para reduzir a sua variabilidade e centralizar os seus resultados, tornando possível o atendimento das especificações dos clientes.

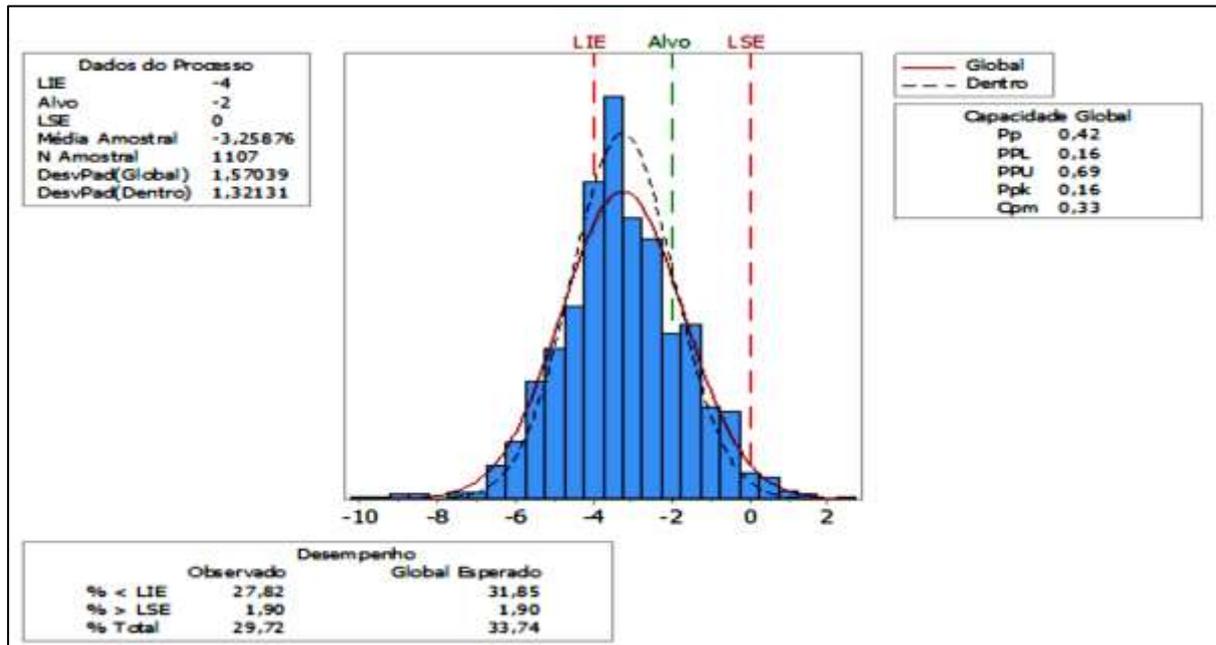


GRÁFICO 3 – Histograma dos resultados do ensaio de encolhimento de urdume do artigo 435 FR

Portanto, como o artigo 435 FR é o maior responsável pelo grande índice de reprocesso de tecido e apresenta resultados instáveis no tocante à alteração dimensional, além de possuir alto valor agregado e ser bastante demandado pelos clientes, o mesmo foi selecionado para o desenvolvimento deste trabalho.

Sabe-se que o processo de beneficiamento possui uma grande quantidade de variáveis que devem ser controladas para garantir a qualidade e atender os limites de especificação do produto. Como já citado anteriormente neste trabalho, a máquina que tem a função de aplicar o encolhimento de urdume no tecido é a sanforizadeira, porém na empresa pesquisada já foram realizados trabalhos para conhecer e controlar as variáveis desta máquina. Contudo acredita-se que o tecido já esteja chegando para ser sanforizado com características inadequadas, obtidas em algum processo anterior à sanforização.

Após discussão com técnicos do processo, levantou-se a hipótese de que o processo de polimerização pode estar influenciando na obtenção correta do encolhimento de urdume do tecido, possivelmente devido à alta temperatura e a velocidade do tecido dentro da máquina. Neste sentido, a proposta do trabalho é gerar ações de melhoria através da realização de experimentos para conhecer a influência de variáveis do processo de polimerização no encolhimento de urdume.

O objetivo principal deste trabalho é reduzir em 50% o índice de reprocesso no tecido 435 FR por encolhimento de urdume. Para alcance desse objetivo foram estabelecidos os seguintes objetivos secundários:



- Identificar as características críticas do processo de polimerização que podem interferir no encolhimento de urdume.
- Definir limites de especificação dos parâmetros de processo da polimerizadeira visando atingir melhores resultados.
- Definir/revisar os procedimentos operacionais da polimerizadeira.
- Implementar método de acompanhamento e controle de processo da polimerizadeira.
- Estruturar ações que garantam um processo robusto e capaz de atender as especificações e exigências do mercado.

#### 4. Resultados e discussão

Após a execução do DOE, e de posse dos resultados do ensaio de alteração dimensional, iniciou-se a análise do experimento.

Os ensaios realizados, contemplando os níveis dos fatores e indicando os resultados médios obtidos para as variáveis resposta podem ser visualizados no GRÁFICO 4, onde constata-se que o melhor resultado da variável encolhimento de urdume foi alcançado utilizando os parâmetros do ponto central, ou seja, velocidade igual a 30 m/min e temperatura igual a 140°C.

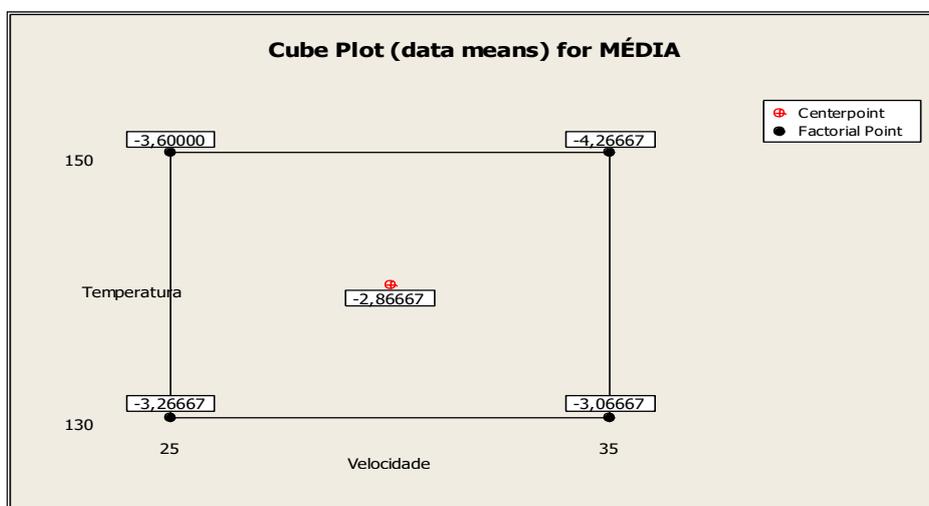


GRÁFICO 4 – Diagrama para as médias de encolhimento de urdume

Devido à importância relativa do efeito dos fatores e de suas interações com a variável resposta, bem como à presença de efeitos quadráticos, foi realizada a análise gráfica de efeitos principais, conforme mostram os GRÁFICOS 5 e 6.

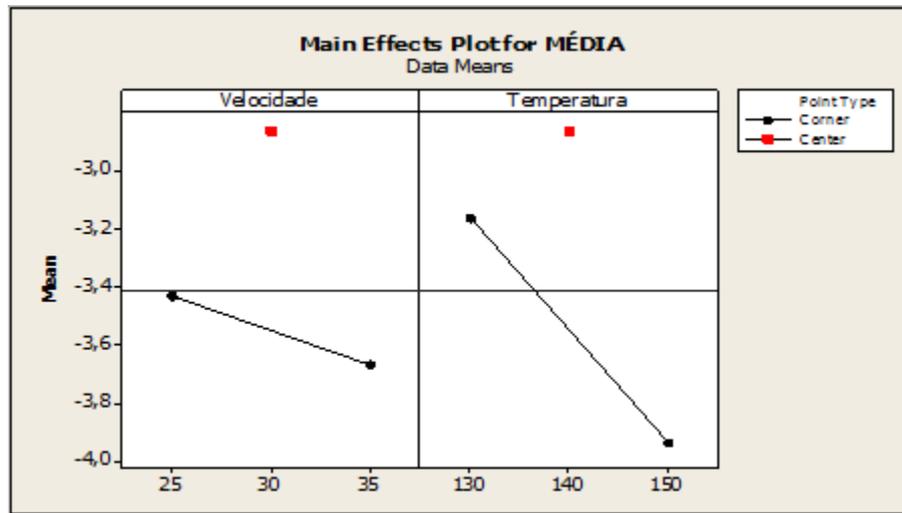


GRÁFICO 5 – Efeitos principais para a resposta encolhimento de urdume

O GRÁFICO 5 mostra que o processo apresentou efeitos quadráticos significativos, dado ao afastamento da média dos pontos centrais em relação às retas. Verificou-se também que o fator “temperatura” apresenta maior sensibilidade, uma vez que os valores de seus níveis – alto a baixo – apresenta maior diferença em relação à variável resposta “encolhimento de urdume”.

A análise dos efeitos das interações dos fatores na variável resposta, indicada no GRÁFICO 6, aponta que a interação entre temperatura e velocidade é relevante devido ao cruzamento das retas.

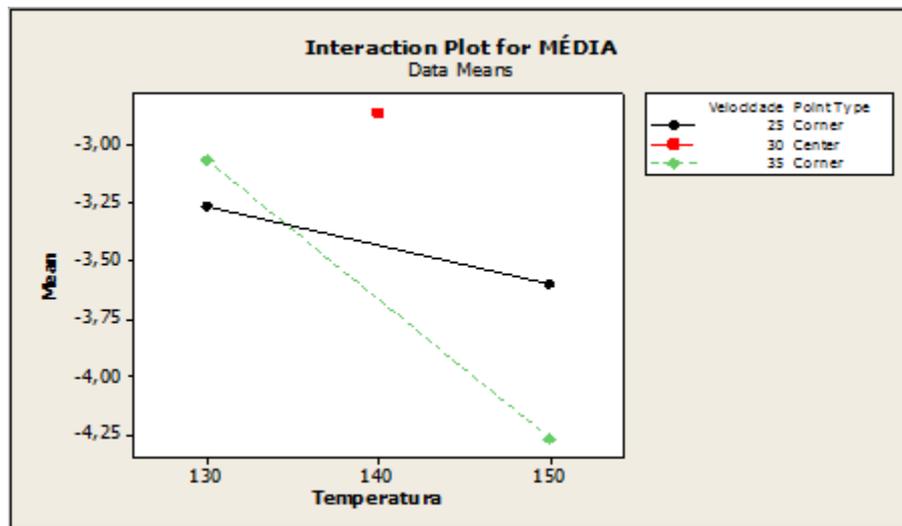


GRÁFICO 6 – Efeitos das interações para a variável resposta

A importância relativa dos termos da equação de regressão múltipla, que consiste na próxima etapa de ajuste do modelo, pode ser visualizada no GRÁFICO 7.

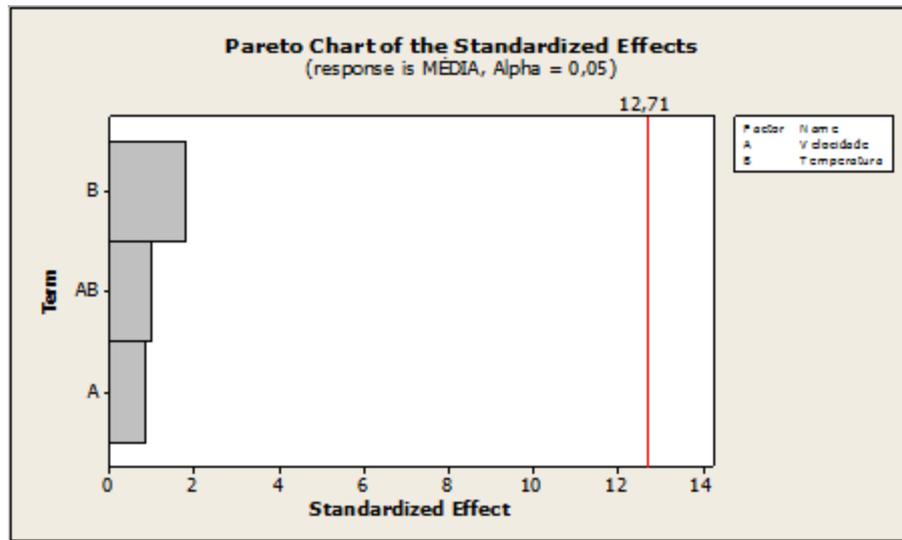


GRÁFICO 7 – Pareto dos efeitos para a resposta encolhimento de urdume

A linha de Lenth representa o menor valor do efeito padronizado para que o mesmo possa ser considerado significativo, dado que alfa é 0,05. O Gráfico 7 mostra que nenhum dos efeitos ultrapassou a linha de Lenth (valor de 12,71), o que indica que nenhum dos fatores (velocidade e temperatura) são significantes no tocante à alteração dimensional.

A significância dos efeitos principais dos fatores, das interações entre os fatores, dos blocos e da curvatura do modelo está apresentada no QUADRO 2 onde é possível identificar os termos do modelo que deveriam ser mantidos.

Factorial Fit: Média versus Velocidade; Temperatura						
Estimated Effects and Coefficients for MÉDIA (coded units)						
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P	
Constant		-2,676	0,4344	-6,16	0,102	
Velocidade	2,129	1,065	1,2308	0,86	0,546	
Temperatura	-0,995	-0,498	0,2737	-1,82	0,320	
Velocidade*Temperatura	-1,311	-0,655	0,6895	-0,95	0,516	
S = 0,446908 PRESS = 5,87390						
R-Sq = 83,41% R-Sq(pred) = 0,00% R-Sq(adj) = 33,62%						
Analysis of Variance for MÉDIA (coded units)						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	2	0,82345	0,8964	0,4482	2,24	0,427
Velocidade	1	0,05444	0,1494	0,1494	0,75	0,546
Temperatura	1	0,76901	0,6599	0,6599	3,30	0,320
2-Way Interactions	1	0,18038	0,1804	0,1804	0,90	0,516
Velocidade*Temperatura	1	0,18038	0,1804	0,1804	0,90	0,516
Residual Error	1	0,19973	0,1997	0,1997		
Curvature	1	0,19973	0,1997	0,1997		
Total	4	1,20356				
Estimated Coefficients for MÉDIA using data in uncoded units						
Term	Coef					
Constant	-57,1411					
Velocidade	2,04767					
Temperatura	0,343411					
Velocidade*Temperatura	-0,0131054					
NOTA: experimento tem alguns ensaios danificados e não é ortogonal						

QUADRO 2 – Resultado da análise de regressão



Levando em consideração que os termos não significantes (aqueles com efeito quadrático  $P$  maior que 0,05) devem ser eliminados do modelo, conclui-se que os fatores temperatura e velocidade não são significantes para os resultados de encolhimento de urdume, pois analisando o QUADRO 2, evidencia-se que todos os valores estão acima de 0,05.

Em contra partida percebe-se neste mesmo quadro notas que indicam que os resultados podem estar relacionados a alguma anomalia no experimento que pode estar relacionada à: dificuldade em se manter a temperatura real da máquina conforme programada no controlador, pequena quantidade de amostra de tecido e insuficiência do intervalo dos níveis dos fatores para influenciar no resultado da variável resposta.

A análise residual demonstrada no GRÁFICO 8 é útil para avaliar a adequação do modelo. Nos modelos estatísticos, os resíduos dizem respeito à parcela não explicada da variação total, onde os modelos ajustados consistem da verificação das premissas ou suposições estabelecidas na fase de planejamento do experimento que consideraram os erros como variáveis aleatórias e independentes, com variâncias homogêneas e normalmente distribuídas.

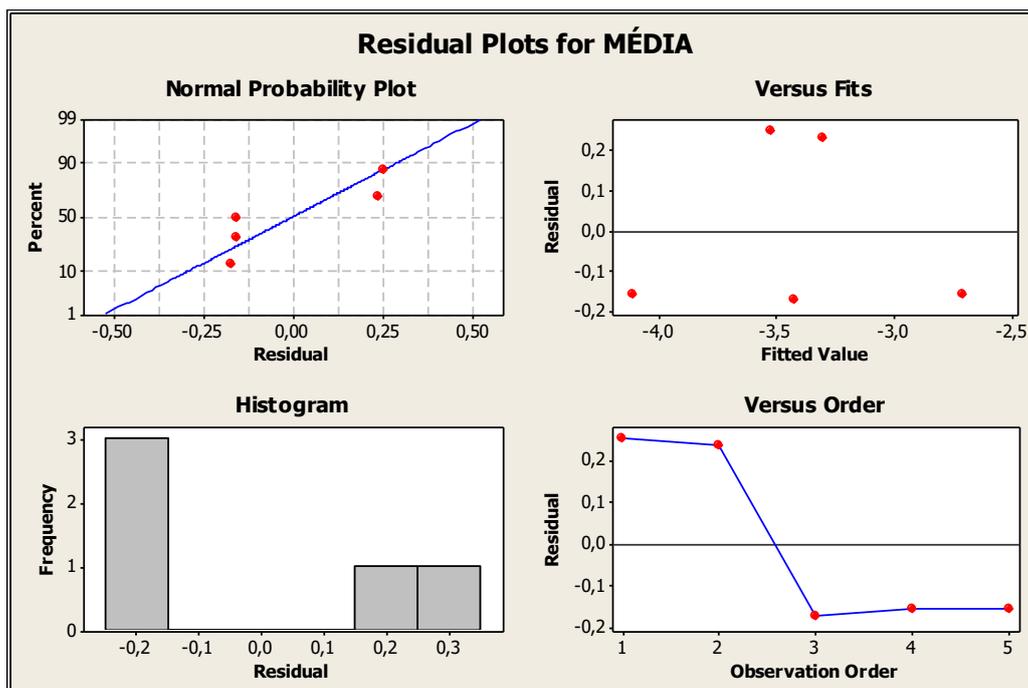


GRÁFICO 8 – Diagnóstico residual para o modelo de encolhimento de urdume

O gráfico normal e o histograma permitem avaliar se os erros do modelo apresentam distribuição normal. Como neste experimento as amostras foram reduzidas, é difícil realizar um estudo muito apurado com estes gráficos, onde no gráfico normal os pontos deveriam estar em cima de uma reta com inclinação de 45°, enquanto o histograma deveria apresentar um formato simétrico e unimodal, o que não aconteceu.

Estas observações, visualizadas no GRÁFICO 8, demonstram algumas tendências fora do esperado, ou seja, causas especiais, que podem indicar falta de algum termo no modelo ou ainda que este modelo não representa bem o processo estudado.

Neste sentido, é proposto que o estudo tenha prosseguimento. É necessário verificar



**SICIT**  
Semana de Iniciação  
Científica e Tecnológica

25 a 29 de setembro de 2017  
Engenharias e Computação

 Universidade de Itaipava

alternativas junto ao setor de manutenção mecânica e elétrica que tornem possível manter e controlar a temperatura da polimerizadeira. Devem ser realizados mais testes para melhor avaliação considerando novos níveis para os fatores velocidade e temperatura.

## 5. Conclusão

O correto diagnóstico e análise da situação problema é importante para identificação de suas causas e definição de soluções eficazes para a garantia da qualidade e satisfação dos clientes.

A aplicação da metodologia DOE para identificar as características críticas do processo que afetam a qualidade dos produtos permite a descoberta de soluções e até mesmo novos métodos a serem utilizados. A utilização de ferramentas de análise estatística possibilita a obtenção de resultados precisos e de grande valia no processo de tomada de decisões.

A realização deste trabalho proporcionou a obtenção de conhecimentos sobre o processo de manufatura do tecido RC. Além disso mostrou a importância de se ter um processo robusto, com baixo índice de reprocesso, destacando o aprimoramento contínuo como fator primordial para a competitividade e garantia da permanência da empresa no mercado.

A hipótese de que a temperatura e a velocidade do processo de polimerização influenciam diretamente na aplicação do encolhimento de urdume na sanforizadeira foi rejeitada para os níveis propostos neste trabalho. No entanto, devem ser implementadas ações que possibilitem o controle e a manutenção da estabilidade da temperatura da polimerizadeira. Sugere-se a realização de novos experimentos utilizando-se novos ranges para os níveis dos fatores velocidade e temperatura.

## Referências

- ARAÚJO, M.; CASTRO, E. M. M. *Manual de Engenharia Têxtil*. Fundação Calouste Gulbenkian, 1984. p. 801-810.
- CHEREM, L. F. C. *Um modelo para a predição da alteração dimensional em tecidos de malha em algodão*. 2004. Dissertação (Tese de Doutorado)-Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004.
- DOMENECH, C. *Estratégia 6  $\sigma$ : otimização de processos através do planejamento experimental (DOE)*. M.I. Domenech Consultores. [s.l.]: Versão 3, 2001.
- IFSC – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. *Controle de qualidade*. 2011. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/62618426/Apostila-Controle-de-Qualidade-2011>> Acesso em: 30 outubro 2013.
- MAGALHÃES, P. I. G. *A validação de processos como garantia de conformidade dos produtos na indústria de dispositivos médicos*. 2010. 82 f. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.
- MENDES, L. G. T. *Porque roupas de algodão encolhem*. CETIQT, 2009. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/revista-ch-2009/263/por-que-algumas-roupas-de-algodao-encolhem>>. Acesso em: 30 outubro 2013.
- MONTGOMERY, D. C. *Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- UEM – Universidade Estadual de Maringá, Campus Regional de Goioerê. *Análise dimensional do tecido*. 2000. Disponível em: <[http://www.geocities.ws/lcrespim/trabalhos/Alterac\\_dimensional.PDF](http://www.geocities.ws/lcrespim/trabalhos/Alterac_dimensional.PDF)> Acesso em: 20 janeiro 2014.