



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

FERNANDA KLUG

**ANÁLISE DA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NO PROCESSO DE
LAVAÇÃO DA VISCOSE REALIZADO EM LAVADORA CONTÍNUA ABERTA
DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Tubarão

2020



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

FERNANDA KLUG

**ANÁLISE DA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NO PROCESSO DE
LAVAÇÃO DA VISCOSE REALIZADO EM LAVADORA CONTÍNUA ABERTA
DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Relatório Técnico/Científico apresentado ao
Curso de Engenharia Química da Universidade
do Sul de Santa Catarina como requisito parcial
à obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Química.

MSc. Alessandro de Oliveira Limas (Orientador)

Tubarão
2020

FERNANDA KLUG

**ANÁLISE DA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NO PROCESSO DE
LAVAÇÃO DA VISCOSE REALIZADO EM LAVADORA CONTÍNUA ABERTA
DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Este relatório técnico/científico foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia Química da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 28 de julho de 2020.

Professor e orientador Alessandro de Oliveira Limas, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Suzana Cimara Batista, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Wilson Alano, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pela saúde que sempre me proporcionou e que sempre me deu forças para continuar em busca dos meus objetivos ao longo desta caminhada.

Agradeço a minha família por todo amor e dedicação que tiveram comigo em toda minha trajetória, em especial a minha mãe que sempre me incentivou a crescer e nunca deixou que eu desistisse do meu sonho.

Agradeço também aos meus amigos que estiveram sempre do meu lado nestes cinco anos de curso, dividindo experiências e incentivando a busca por conhecimento.

Agradeço ao meu professor orientador Alessandro de Oliveira Limas por toda troca de ideias e orientações ao longo deste semestre que foi um grande desafio para todos nós, mas que juntos conseguimos chegar ao final com sucesso.

Agradeço a empresa onde pude realizar o presente trabalho pela disposição de poder aplicar um pouco do meu conhecimento adquirido nestes anos de curso somado a novos conhecimentos adquiridos ao longo do estágio.

Agradeço em especial meus colegas de trabalho Nazaré Martins Hoepers e Júlio Cesar Figueiredo por toda disposição que sempre tiveram em me auxiliar e transferir seus conhecimentos específicos do setor têxtil para que eu pudesse ter maior entendimento desta área. Agradeço também meu supervisor de estágio Arnaldo Krauss por toda orientação técnica ao longo deste trabalho.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar em um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

(José de Alencar)

RESUMO

A crescente preocupação da sociedade com os impactos que as atividades industriais causam sobre os recursos naturais, atrelada principalmente a atual crise hídrica mundial, causa sobre o setor industrial uma grande pressão quanto a implantação de estratégias e melhorias que visem a preservação dos recursos naturais em processos produtivos. A indústria têxtil por sua vez é conhecida pelo alto consumo de água em seus processos de beneficiamento como tingimento e lavação, por exemplo um lote de viscose pesando trezentos quilos gastará no seu beneficiamento aproximadamente sete mil litros de água. A relevância do presente trabalho se dá então da aplicação de desenvolvimento sustentável em processos industriais com o intuito de garantir ao consumidor final um produto que tenha procedência ambientalmente correta ,aumentando consequentemente o apelo e marketing ambiental que a empresa poderá usar na venda de seus produtos ,diminuição da geração de efluentes e a baixa do custo atrelado ao processo. Para o desenvolvimento do presente trabalho foram estudados processos realizados em uma indústria têxtil do sul de Santa Catarina e observou-se que o processo de lavação da viscose realizada em uma lavadora contínua aberta não havia sofrido nenhuma otimização desde a instalação na empresa em questão e por ser um processo com auto potencial de consumo de água seria de grande relevância uma análise da redução do consumo de água no processo em questão. Através da realização dos testes diminuindo a vazão de água no processo de lavação foram avaliados a solidez da cor e a formação de hidrólise do corante após o processo afim de identificar uma redução que não afetaria na qualidade do produto. Foi possível então identificar que a redução de quinze por cento da vazão atual de água do processo de lavação da viscose apresentou os melhores resultados dentro do que o presente trabalho propunha. A partir da redução realizada foi possível economizar um volume de aproximadamente seiscentos e setenta e dois metros cúbicos de água por mês, sendo equivalente a lavação de duzentos lotes de viscose pesando trezentos a mais por mês na empresa em questão. Em relação ao custo atrelado ao processo podemos elencar o custo com o tratamento da água utilizada e do custo com a geração do calor necessário no processo, que a partir da redução realizada foi possível economizar em média dois mil quinhentos e cinquenta e seis reais por mês ,totalizando uma economia de aproximadamente doze mil seiscentos e sete reais até dezembro de 2020 .Como proposta futura, sugere-se a continuidade do estudo com cores de tons médios, com menor concentração de corantes, que possivelmente poderão ter até maiores reduções da quantidade de água na lavação. Palavras-chave: Redução do consumo de água. Indústria têxtil. Lavação. Viscose.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-Reação do processo de obtenção da viscose	16
Figura 2- Reação de substituição do grupo reativo do corante com a fibra	17
Figura 3-Reação de substituição com a água	18
Figura 4- Lavadora contínua aberta modelo TRIKOFLEX - LTS-DM000T2 - 2200.....	19
Figura 5-Demonstrativo da disposição do corpo de prova e tecido testemunha para o teste de solidez.....	25
Figura 6 - Máquina de banho-maria usada para a realização dos testes de solidez.....	26
Figura 7- Escala cinza de transferência de cor	27

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Estimativa do consumo de água (m ³) nos processos da lavadora contínua aberta nos meses de Janeiro, Fevereiro e Março.....	30
Gráfico 2- Consumo de água (m ³) nos processos realizados na lavadora contínua aberta no mês de Março/2020.....	31
Gráfico 3-Comparação do consumo de água (m ³) atual com a redução efetuada, de acordo com a projeção da demanda de produção até Dezembro 2020	38
Gráfico 4-Comparação entre a quantidade necessária de cavaco atual e com a redução de 15% da vazão de água.....	39
Gráfico 5-Comparação do custo(R\$) atrelado ao processo de lavagem da viscose atual com a redução efetuada, de acordo com a projeção total da demanda de produção até Dezembro 2020	40
Gráfico 6-Comparação do custo do processo de lavagem da viscose atual com a redução efetuada, de acordo com a projeção da demanda de produção até Dezembro 2020	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Demonstrativo do levantamento de dados	23
Quadro 2- Classificação da solidez da cor de acordo com o grau de transferência da escala cinza	27
Quadro 3- Avaliação dos testes de solidez para a redução de 10%.....	32
Quadro 4- Avaliação dos testes de solidez para a redução de 15%.....	33
Quadro 5- Avaliação dos testes de solidez para a redução de 20%.....	34
Quadro 6- Identificação de hidrólise nos lotes que sofreram redução de 10% na quantidade de água da lavagem.....	36
Quadro 7- Identificação de hidrólise nos lotes que sofreram redução de 15% na quantidade de água da lavagem.....	36
Quadro 8 - Identificação de hidrólise nos lotes que sofreram redução de 20 % na quantidade de água da lavagem.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Consumo de água em cada caixa da lavadora contínua aberta no processo de lavação da viscose.....	19
Tabela 2- Redução gradativa do consumo de água	24

LISTA DE SIGLAS

ABIT - Associação Brasileira Da Indústria Têxtil

ABNT - Associação Brasileiras De Normas Técnicas

CV- Viscose

ISO- International Organization for Standardization

LAV - Lavação

NBR - Norma Técnica Brasileira

PA - Poliamida

PES - Poliéster

PPCP-Planejamento, Programação e Controle de Produção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	ÁGUA NA INDÚSTRIA TÊXTIL.....	14
1.2	FIBRAS TÊXTEIS	15
1.2.1.	VISCOSE	16
1.3	TINGIMENTO DA VISCOSE	16
1.4	PROCESSO DE LAVAÇÃO DA VISCOSE	18
1.5	LAVADORA CONTÍNUA ABERTA	18
1.6	SUSTENTABILIDADE NO SETOR INDUSTRIAL.....	20
2	OBJETIVOS	21
2.1	OBJETIVO GERAL	21
2.1.1	Objetivos específicos	21
3	JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA	22
3.1	JUSTIFICATIVA	22
4	METODOLOGIA.....	23
4.1	ESTIMATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA UTILIZADA NOS PROCESSOS REALIZADOS NA LAVADORA CONTÍNUA ABERTA.....	23
4.2	TESTES COM REDUÇÃO NA VAZÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAÇÃO.....	24
4.3	TESTE DE SOLIDEZ DA COR.....	25
4.4	VERIFICAÇÃO DO APARECIMENTO DE CORANTES HIDRÓLISADOS APÓS O PROCESSO DE LAVAÇÃO	27
4.5	ANALISAR QUANTITATIVA E ECONOMICAMENTE O IMPACTO DA REDUÇÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAÇÃO DA VISCOSE	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1	ESTIMATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA UTILIZADA NOS PROCESSOS REALIZADOS NA LAVADORA CONTÍNUA ABERTA	30
5.2	REALIZAÇÃO DOS TESTES NO PROCESSO PRODUTIVO.....	31
5.3	TESTE DE SOLIDEZ MALHA	32
5.3.1	TESTES DE SOLIDEZ PARA A REDUÇÃO DE 10% NA VAZÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAÇÃO DA VISCOSE	32
5.3.2	TESTES DE SOLIDEZ PARA A REDUÇÃO DE 15% NA VAZÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAÇÃO DA VISCOSE	33

5.3.3 TESTES DE SOLIDEZ PARA A REDUÇÃO DE 20% NA VAZÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAÇÃO DA VISCOSE	34
5.4 VERIFICAÇÃO DO APARECIMENTO DE CORANTES HIDROLISADOS APÓS A LAVAGEM DOS LOTES TESTADOS	35
5.4.1 VERIFICAÇÃO DO APARECIMENTO DE CORANTES HIDROLISADOS APÓS A LAVAGEM PARA OS LOTES SUBMETIDOS A REDUÇÃO DE 10% NA VAZÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAÇÃO DA VISCOSE	35
5.4.2 VERIFICAÇÃO DO APARECIMENTO DE CORANTES HIDROLISADOS APÓS A LAVAGEM PARA OS LOTES SUBMETIDOS A REDUÇÃO DE 15% NA VAZÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAÇÃO DA VISCOSE	36
5.4.3 VERIFICAÇÃO DO APARECIMENTO DE CORANTES HIDROLISADOS APÓS A LAVAGEM PARA OS LOTES SUBMETIDOS A REDUÇÃO DE 20% NA VAZÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAÇÃO DA VISCOSE	37
5.5 ANÁLISE QUANTITATIVA E ECONOMICA DO IMPACTO DA REDUÇÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAÇÃO DA VISCOSE.....	38
6 CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O setor têxtil é o segmento industrial que se inicia na produção de fibras e filamentos, que passam pelo processo de fiação, tecelagem, malharia, acabamento e posterior confecção de peças de vestuário. Segundo ABIT -Associação Brasileira da Indústria Têxtil, o setor têxtil brasileiro é bem reconhecido mundialmente sendo a quinta maior indústria têxtil do mundo e a quarta maior em confecção.

A empresa onde foi realizado o presente trabalho, é atuante do ramo têxtil no sul de Santa Catarina desde o ano de 1992. A empresa é instalada no bairro São João Margem Esquerda -Tubarão e possui uma área útil de 77.443,23 m² não contígua, sendo uma de 68.153,02 m², da unidade fabril e a outra de 9.290,21 m², da estação de tratamento de efluentes.

A instituição trabalha para atender varejistas, atacadistas e confecções de todo país com a produção de tecidos de malha de algodão, mescla ou sintética, com atividade de beneficiamento têxtil como lavagem, tingimento, alvejamento, estamparia e amaciamento. A descrição da operação dos processos produtivos da empresa pode ser elencada abaixo:

1. Matéria prima: a empresa utiliza como matéria prima em seu processo de produção fios de algodão, viscose, poliéster e poliamida sendo em sua maioria importados da China.
2. Tecelagem: após o recebimento e análise (controle de qualidade) dos fios, eles são transformados em malha crua através do processo de entrelaçamento de fios de trama (transversais) com fios de teia (longitudinais), formando tecidos.
3. Tinturaria: após receber a malha já tecida a tinturaria se encaminha de realizar o processo de tingimento que consiste na absorção dos corantes à fibra, transformando assim a malha crua em malha tinta.
4. Estamparia: antes de ser estampada a malha passa por processos de preparação como purga e lavagens, que são realizados no setor da tinturaria. Após o processo de preparação a malha está pronta para ser estampada. O processo de estampar consiste em aplicar um desenho sobre a malha através de um processo eletromagnético.
5. Revisão final e Expedição: após passar pelos processos de tingimento e/ou estamparia as malhas prontas são encaminhadas para o setor de revisão e expedição. Neste setor ocorre a seleção dos lotes, etiquetagem das malhas e o envio ao cliente.

O setor têxtil é conhecido pelo alto consumo de água na realização das suas atividades produtivas, principalmente na parte de beneficiamento onde estão os processos de tingimento,

lavações e preparação da malha. O processo de tingimento de malhas é realizado pela empresa, em sua maioria, com uma relação de banho de 10 litros de água para cada quilo de malha a ser tinta. Para os processos que envolvem preparação de malhas, como a purga de fibras sintéticas que visa eliminar o residual de óleo presente no fio, são utilizadas de 13,5 a 20,5 litros de água por kg de malha dependendo do tipo de fibra. Já para os processos de lavagem, que são realizados para fibras como viscose e algodão, são utilizados 13 litros de água por kg de malha processada.

A fim de exemplificar, de acordo com os valores apresentados, um lote de 380 kg de malha que necessita da preparação por purga e posterior tingimento utilizara em todo seu processo de beneficiamento aproximadamente 11.595 litros de água. O consumo de água da empresa, segundo dados do documento de estudo para concepção da outorga de água, é em torno de 42.583 m³ por mês.

A empresa vem buscando adotar em seus processos produtivos medidas que minimizem o desperdício e favoreçam a preservação dos recursos naturais, diminuindo consequentemente o custo atrelados a estes processos. Consciente de sua responsabilidade ecológica e preocupada com o bem-estar da sociedade na qual ela está inserida, possui políticas de sustentabilidade e preservação do meio ambiente como as descritas abaixo:

- Unidade recuperadora de calor do efluente: através de um sistema de tubulação sobreposta, a água que sai quente (efluente) dos processos de produção, fornece calor para a água fria limpa que está entrando para o ciclo de produção, sendo aquecida e estando pronta para o processo seguinte. Este processo economiza combustível para o aquecimento reduzindo significativamente o consumo de cavaco (em torno de 40m³/dia).
- Unidades geradora de calor: a empresa possui duas unidades de geração de calor, sendo elas a caldeira e o aquecedor de óleo térmico. A caldeira possui sistema de lavagem de gases e o aquecedor de óleo térmico apresenta um sistema de multi e micro ciclones, proporcionando assim uma redução da emissão dos poluentes atmosféricos.
- Processo Dye-Clean: sistema de tingimento que permite a reutilização do banho de tingimento. Neste processo o banho de tingimento pode ser reaproveitado até 50 vezes, quantidade de sal utilizada é 4 vezes menor do que o processo convencional. A redução da quantidade de água usada neste processo implica diretamente na diminuição da quantidade de efluentes gerados pela empresa.
- Sistema de recuperação de calor no processo de acabamento: os secadores tipo ramas são equipados com recuperação de calor. O sistema recuperador de calor consiste em

trocadores de calor, sistema ar-ar, fazendo com que os gases de saída transfiram calor para o ar que entra no equipamento, reduzindo assim a quantidade de calor que deverá ser fornecida pela caldeira ocasionando numa redução do uso do cavaco em 25%.

Tendo em vista que a empresa em questão vem buscando se diferenciar no mercado pela adoção de processos que visam a preservação dos recursos naturais e que a água é o principal recurso utilizado na maioria de seus processos, foram investigados alguns processos já existentes afim de identificar uma possível melhoria e redução do consumo do mesmo.

Através desta pesquisa realizada observou-se que atualmente entre os processos de beneficiamento a lavação da viscose teria grande relevância, já que o processo pode ser visto como seguro e que desde a instalação do equipamento nunca sofreu nenhuma mudança na vazão de água. Para o tingimento a empresa investiu recentemente na compra de máquinas de tingir que conseguem reduzir a relação de banho de 10 para 6 litros de água por kg de malha a ser tinta. Para os processos de preparação da malha há um receio, por parte dos técnicos da empresa, quanto a redução de água devido ao risco de manchas que podem ser ocasionadas pela falta de solvente (no caso a água) no processo de limpeza dos fios.

Levando em conta que o processo de lavação da viscose serve principalmente para retirar o resíduo superficial de corante presente na malha após o tingimento e evitar a hidrólise da mesma, o principal interesse do presente trabalho é avaliar se é possível reduzir o consumo de água nos processos de lavação da viscose que são realizados na lavadora contínua aberta sem afetar a qualidade do produto final.

A produção de viscose corresponde, em média a 65% da produção geral da empresa para suprir o mercado que a mesma atende, assim independente da estação do ano sempre há uma grande quantidade deste artigo em desenvolvimento e produção o que enfatiza a escolha da redução do consumo de água na lavação desta fibra em específico.

1.1 ÁGUA NA INDÚSTRIA TÊXTIL

A água exerce papel fundamental na indústria têxtil já que é empregada em diversos processos executados por ela, desde a preparação da malha até os processos finais de tingimento e lavação. A qualidade da água utilizada neste setor é de grande relevância para reprodução correta de seus processos. Salem (2001), salienta que grande parte dos problemas que ocorrem no beneficiamento podem acontecer devido a deficiência da qualidade da água utilizada, visto

que contaminantes como metais e dureza presente nela afetam a qualidade dos substratos beneficiados.

As exigências quanto a qualidade da água utilizada nos processos de uma indústria têxtil varia de acordo com a necessidade de cada empresa. A empresa em questão por sua vez adota como parâmetros importantes da qualidade da água o pH, a dureza e a presença de metais pesados. A água utilizada pela empresa é captada diretamente do rio Tubarão, ela possui licença da Prefeitura de Tubarão para fazer esta captação, e passa por um tratamento físico químico para garantir a qualidade da água desejada para os processos.

O pH da água, de acordo com Salem (2001), pode influenciar em quase todos os processos de beneficiamento têxtil, como purgas, alveamento, montagem de corante a fibra e nos processos de lavação, fazendo com que seja imprescindível o controle deste parâmetro. A dureza da água, ou seja, a quantidade de sais calcários como Ca^{+2} e Mg^{+2} , por sua vez pode acarretar manchas nos substratos e aumentar a dificuldade de remoção de corantes hidrolisados na fase de lavação. Quanto a presença de metais pesados na água Salem (2001) afirma que íons de Fe, Cu, Mn, Ni ou Cr tem efeito catalítico que acelera fortemente a decomposição do H_2O_2 nos processos de alveamento fazendo com que a reação fique descontrolada e a limpeza da fibra não seja eficiente.

1.2 FIBRAS TÊXTEIS

Segundo Costa, De Lima e Rosa (2013), fibras têxteis são filamentos cilíndricos de reduzida secção transversal e elevada razão entre o comprimento e o diâmetro podendo ser de no mínimo cem vezes a razão entre um e outro. As fibras têxteis podem ser divididas entre naturais e não naturais.

As fibras naturais são aquelas de origem natural, podendo ser fibras animais, minerais ou vegetais, que necessitam apenas de transformações físicas para serem utilizadas na indústria têxtil. Já as fibras não naturais entendem-se por aquelas que são originadas de processos químicos podendo ser tanto de polímeros naturais quanto polímeros sintéticos.

A empresa onde foi desenvolvido o presente estudo trabalha tanto com o beneficiamento de fibras naturais, como algodão, quanto com o beneficiamento de fibras não naturais como poliamidas, poliéster e a viscose. A fibra de viscose é a que possui maior demanda de vendas e compreende 65% da linha de produção total da empresa e será abordada como tema do presente trabalho.

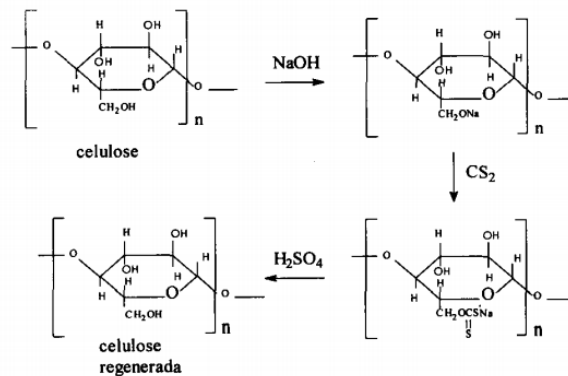
1.2.1. VISCOSE

A viscose é derivada de fibras celulósicas e pode ser classificada como sendo uma fibra não natural originada de polímeros naturais. De acordo com Salem (2001), a viscose é obtida da celulose extraída de vegetais. Segundo Alcantara e Daltin (1995), a viscose é comercial é produzida a partir da madeira, podendo ser segundo Costa, De Lima e Rosa (2013), originada de eucaliptos ou do bambu.

O processo de fabricação da viscose pode ser descrito segundo Alcantara e Daltin (1995):

O processo de fabricação se dá pela extração da celulose da madeira e posteriormente esta é dissolvida em uma solução de hidróxido de sódio 18% sofrendo um batimento com dissulfeto de carbono. A solução obtida deste processo pode é chamada de xantato de celulose, que se solidifica ao esfriar. Ao ser diluída em uma solução de hidróxido de sódio o xantato de celulose passa pela extrusão dos fios que são mergulhados em banho coagulante de ácido sulfúrico. (Alcantara e Daltin ,1995)

Figura 1-Reação do processo de obtenção da viscose



Fonte:Alcantara e Daltin (1995)

1.3 TINGIMENTO DA VISCOSE

De acordo com Damineni (2009), o processo de tingimento nada mais é do que a aplicação do corante no material têxtil através de reações químicas, utilizando como principal veículo a água. A tecnologia moderna no tingimento consiste em dúzias de etapas que são escolhidas de acordo com a natureza da fibra têxtil, características estruturais, classificação e

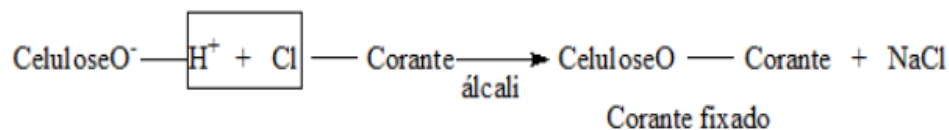
disponibilidade do corante para aplicação, propriedades de fixação compatíveis com o destino do material a ser tingido, considerações econômicas e muitas outras (GUARATINI; ZANONI, 1999).

Os corantes utilizados no processo de tingimento podem ser classificados de acordo com a sua estrutura química ou pelo método pelo qual é fixado a fibra têxtil (GUARATINI; ZANONI, 1999). No processo de tingimento da viscose empregado na empresa os corantes utilizados são da classe dos reativos. Segundo Salem (2001) os corantes reativos são aqueles que possuem um grupo eletrolítico (reativo) capaz de formar ligações covalentes com grupos hidroxila das fibras celulósicas, com grupos amino, hidroxila e tióis das fibras proteicas e com grupos amino das poliamidas.

O processo de tingimento de fibras celulósicas, como a viscose, com corantes da classe dos reativos acontece devido a reação do corante com os grupos hidroxílicos presente na celulose e que para que ocorra esta reação é necessária uma ionização da celulose. A ionização da celulose aumenta com a alcalinidade do banho, sendo este um dos motivos para a adição do álcali no processo de tingimento (SALEM,2001).

O meio alcalino então favorece a reação do corante com a fibra, podendo acontecer de duas maneiras: por substituição e por adição. No caso dos corantes reativos utilizados pela empresa a reação que ocorre é de substituição, visto que o grupo reativo do corante é portador de um ou mais átomos de cloro ou de flúor (monoclorotriazina, diclorotriazina, etc), a reação química se processa diretamente através da substituição do grupo nucleofílico pelo grupo hidroxila da celulose. A figura a seguir ilustra a reação que ocorre entre o corante e a fibra celulósica:

Figura 2- Reação de substituição do grupo reativo do corante com a fibra



Fonte :Salem,2001.

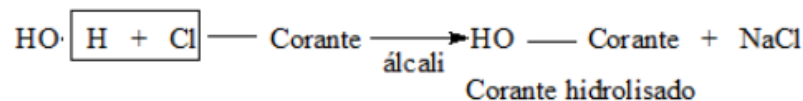
De acordo com Guaratini e Zanoni (1999), durante o processo de tingimento três etapas são consideradas importantes: a montagem, a fixação e o tratamento final. Sendo que todo tingimento de viscose envolve como operação final uma etapa de lavagem em banhos correntes

para retirada do excesso de corante original ou corante hidrolisado não fixado à fibra nas etapas precedentes (GUARATINI; ZANONI, 1999).

1.4 PROCESSO DE LAVAÇÃO DA VISCOSE

Como citado por Salem (2001) na fase de fixação do corante à fibra, o meio estará alcalino o que favorece a ocorrência de dois tipos de reação, uma desejável, com a fibra a ser tinta, e outra indesejável, porém inevitável com a água. A empresa utiliza corantes do tipo monoclorotriazina e diclorotriazina, onde o grupo reativo é portador de um ou mais átomos de cloro, consequentemente as reações que ocorrem em meio alcalino são de substituição, as quais podem ser visualizadas abaixo:

Figura 3-Reação de substituição com a água



Fonte :Salem,2001.

Da reação de substituição que acontece com a água forma-se o que é chamado de corante hidrolisado. Este corante hidrolisado deve ser removido da malha através do processo eficiente de lavação após o tingimento (SALEM,2001).

Dentro do setor da indústria têxtil o processo de lavagem de malhas já tintas tem como objetivo a remoção residual dos corantes provenientes do tingimento a fim de garantir ao produto uma resistência da cor quanto a lavagem doméstica.

A lavação é feita com água quente com o objetivo de remover o corante hidrolisado que permaneceu no banho e evitar o estiramento da malha podendo formar o que chamamos de quebras.

1.5 LAVADORA CONTÍNUA ABERTA

A lavadora contínua aberta é um equipamento utilizado na indústria têxtil em processos de beneficiamento e acabamento. A empresa em questão utiliza a lavadora contínua em processos de lavagem posterior de tecidos tingidos e tecidos cru e na execução de purgas de artigos sintéticos como a poliamida e o poliéster.

É um equipamento composto de sete caixas de lavação, cada caixa com aquecimento e regulação individual, este sistema funciona em contracorrente, ou seja, a água limpa entra de um lado da máquina e sai do outro saturada de corante. O consumo atual de água para o processo de lavação da viscose em cada caixa de lavagem é distrito na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1-Consumo de água em cada caixa da lavadora contínua aberta no processo de lavação da viscose

CAIXA	L água / Kg de malha
M12	2,0
M14	3,0
M17	2,5
M18	3,0
M20	2,5
M17.1	0
M17.2	0
TOTAL	13

Fonte :Autora ,2020.

A lavadora contínua modelo TRIKOFLEX - LTS-DM000T2 - 2200 da marca Benninger foi fabricada na Suíça e instalada na empresa no ano de 2012.A mesma é feita de aço inoxidável (din 1.4404 AISI 316L) , medindo 17,65 metros de comprimento e com altura de 1,9 metros podendo operar em uma velocidade de até 50 metros de malha por minuto.

Figura 4- Lavadora contínua aberta modelo TRIKOFLEX - LTS-DM000T2 - 2200



Fonte :Autora ,2020.

1.6 SUSTENTABILIDADE NO SETOR INDUSTRIAL

Segundo Gerência Nacional Sustentabilidade e Responsabilidade Socioambiental (2018), há uma crescente preocupação da sociedade nos impactos que as atividades industriais causam sobre os recursos naturais fazendo assim com que a indústria têxtil sofra crescentes pressões regulatórias, do mercado e da sociedade civil, para uma gestão eficiente dos recursos utilizados nos seus processos.

De acordo com a Confederação Nacional da Indústria (2019), a redução na disponibilidade dos recursos naturais aumenta os custos e afeta a competitividade das empresas. Os consumidores por sua vez estão cada vez mais preocupados com os impactos ambientais e sociais dos produtos e seus processos produtivos, fazendo –se necessário o desenvolvimento de estratégias e processos que adotem medidas para a preservação dos recursos naturais.

O termo sustentabilidade está diretamente ligado ao conceito de executar determinada ação que gere um ganho tanto ambiental, quanto social e econômico. A Confederação Nacional da Indústria (2019), define que uma empresa é sustentável quando ela consegue gerar lucro e ao mesmo tempo proteger ao meio ambiente, garantindo assim que a empresa se beneficie ao mesmo tempo que beneficia a sociedade e o meio ambiente.

A relevância do presente trabalho se dá então da aplicação do conceito de sustentabilidade aplicado a processos industriais com o intuito de garantir ao consumidor final que o produto que ele está consumindo tem procedência ambientalmente correta, aumentando consequentemente assim o apelo e marketing ambiental que a empresa pode usar na venda de seus produtos, diminuição da geração de efluentes e a baixa no custo do processo de lavagem.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a redução do consumo de água no processo de lavação da viscose realizado em uma lavadora contínua aberta em uma indústria têxtil no sul de Santa Catarina

2.1.1 Objetivos específicos

- a) Estimar do consumo de água utilizada nos processos realizados na lavadora contínua aberta
- b) Efetuar os testes com redução na vazão de água nos processos de lavação
- c) Realizar o teste de solidez da cor dos lotes lavados
- d) Verificar a formação de hidrólise após o processo de lavação
- e) Analisar quantitativa e economicamente o impacto da redução de água no processo de lavação da viscose

3 JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA

3.1 JUSTIFICATIVA

A água é o bem mais precioso que possuímos em nosso planeta sendo indispensável para a manutenção da vida terrestre. O desenvolvimento de várias atividades criadas pelo homem ao longo de toda evolução se dá pelo uso da água de maneira direta ou indiretamente. Segundo dados apresentados pela Agência Nacional de Águas (2017), o setor industrial apresenta o terceiro maior consumo de água, atrás do abastecimento urbano e da agricultura irrigada

A indústria têxtil por sua vez é conhecida pelo alto consumo de água e geração de efluentes. Os processos de tingimento e acabamento são os que mais dependem deste recurso, para garantir a qualidade final do tecido produzido, a malha passa por processos como a purga, tingimento e a diversos tipos de lavações. Dentre estes o que mais consome água são o processo de lavação, sendo 13 litros por quilo de malha, e o processo de tingimento que utiliza em média 10 litros por quilo de malha.

Os impactos ambientais causados pela industrialização nos levam a questionar até que ponto podemos nos beneficiar economicamente dos recursos naturais. Dentro deste contexto é imprescindível que sejam empregadas mudanças que busquem minimizar os impactos causados visando a conservação e preservação dos recursos naturais.

Foram investigados processos já existentes na empresa em questão afim de identificar uma possível redução do consumo de água. A partir desta investigação observou-se que o processo de lavação da viscose realizado na lavadora contínua aberta utiliza uma grande quantidade de água, sendo 13 litros de água por quilo de malha processada, e que ele não sofreu nenhuma otimização desde a instalação deste equipamento na empresa no ano de 2012.

A lavação da viscose é de grande importância para a qualidade final da malha, já que este processo tem por objetivo garantir uma boa solidez a lavagem doméstica e industrial. Levando em conta os aspectos apresentados gera-se a seguinte indagação:

É possível reduzir o consumo de água no processo de lavação da viscose realizado em uma lavadora contínua de uma indústria têxtil sem afetar a qualidade do produto?

4 METODOLOGIA

4.1 ESTIMATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA UTILIZADA NOS PROCESSOS REALIZADOS NA LAVADORA CONTÍNUA ABERTA

Para realizar a estimativa do consumo de água na lavadora foi necessário a realização do levantamento dos dados de produção que foram coletados através de um levantamento de campo. Os dados foram obtidos a partir do acompanhamento da produção diária e mensal da lavadora contínua aberta entre os meses de janeiro, fevereiro e março. Nos meses de janeiro e fevereiro foram coletados somente a produção geral da lavadora já no mês de março coletou-se os dados da produção específica de cada processo diferente realizado no equipamento de acordo com a folha de acompanhamento de produção implantada pela empresa que pode ser observada no quadro a seguir:

Quadro 1- Demonstrativo do levantamento de dados

Equipamento: Lavadora contínua aberta				Data:
Lote	Cor	Artigo	Nº de peças	Total

Fonte: Autora,2020.

Como já apresentado anteriormente diferentes processos são realizados na lavadora contínua sendo basicamente as lavações de viscose de cores médias e escuras e as purgas tanto de poliamida quanto de poliéster. A seguir podemos observar os dados atuais de cada processo em cada caixa de lavação:

Tabela 1-Consumo de água em cada setor da lavadora para os diferentes processos realizados no equipamento

	LAV CV (L/KG)	PURGA PA (L/KG)	PURGA PES (L/KG)
M12	2	2	2
M14	3	3	3
M17	2,5	2,5	2,5
M18	3	5	5
M20	2,5	8	7
M17.1	0	0,015	0
M17.2	0	0	0
TOTAL	13	20,515	19,5

Fonte: Autora,2020.

As caixas M17.1 e M17.2 são referentes a quantidade de produtos químicos aplicados em cada processo.

Conhecendo então a quantidade de água utilizada em cada processo e a produção diária e mensal, o consumo de água na lavadora foi determinada através da Equação 1 seguinte fórmula:

$$\text{Consumo de água (L)} = \frac{\text{Quantidade de água utilizada no processo} \left(\frac{\text{L}}{\text{Kg}} \right) * \text{Massa da malha processada (Kg)}}{\quad} \quad (1)$$

4.2 TESTES COM REDUÇÃO NA VAZÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAÇÃO

A fim de avaliar a viabilidade da redução do consumo de água nos processos de lavação da viscosa e verificar se a mesma pode ser efetuada sem alterar a qualidade da malha final foram realizados testes nos processos de lavação da viscosa.

Iniciou-se verificando a demanda produtiva de viscosa. A demanda produtiva da empresa é calculada pelo setor do PPCP (planejamento, programação e controle de produção), que visa a gestão operacional da produção e controle da mesma e que realiza o levantamento de acordo com os pedidos implantados mediante as vendas realizadas.

Mediante o conhecimento da programação da produção foi possível selecionar os lotes de viscosa para a realização dos testes. Como meio de organizar a execução dos testes foram separados 38 lotes de viscosa que possuem em seu fluxo a passagem por lavação na lavadora contínua aberta. A redução da vazão de água foi feita de maneira gradativa começando com 10% de redução do consumo de água no processo, a Tabela 2 demonstra a gradativa redução ao longo dos testes:

Tabela 2- Redução gradativa do consumo de água

Redução 1	Redução 2	Redução 3
10%	15%	20%

Fonte: Autora, 2020.

Os lotes de viscoses foram acompanhados na lavadora contínua aberta durante o processo de lavação das respectivas malhas de cada lote e logo após coletou-se o banho da lavagem e uma amostra da malha para a análise de teor de solidez da cor.

4.3 TESTE DE SOLIDEZ DA COR

As malhas que são submetidas ao tingimento, independente da fibra e classe de corante empregado, devem passar por etapas de controle de qualidade do produto afim de avaliar se ele está dentro das normas estabelecidas e dentro do que a empresa busca fornecer aos seus clientes.

O teste de solidez da cor para a viscose é realizado logo após o processo de lavação da mesma e tem como objetivo avaliar a resistência da cor a transferência ou alteração devido a uma ação física ou química submetida ao material têxtil acabado. (Escola Estadual De Educação Profissional, 2012). Segundo Rodrigues (1997) o resultado do teste de solidez depende da natureza do tingimento, do tipo de material têxtil em questão, do comportamento dos corantes empregados e a eficiência da lavação realizada.

A empresa adota como padrão de qualidade o teste de solidez quando submetido a lavagem, seguindo a norma ABNT NBR ISSO 105-C06:2010, o teste reproduz uma lavação doméstica ou comercial de roupas buscando uma estreita correspondência com os tratamentos usualmente empregados na manufatura e nas condições normais de uso.

O teste consiste em submeter um corpo de prova (malha tinta) em contato com um tecido testemunha, que no caso da viscose são dois pedaços de mesmo tamanho de uma malha de algodão branco, a uma lavagem com temperatura de 40°C em um período de 30 minutos. Para esta lavagem é preparado uma solução de sabão em pó e água, onde são diluídos 20 g de sabão em pó em dez litros de água. O corpo de prova é costurado ao tecido testemunha da maneira que forme um sanduiche, ou seja, o arranjo fica assim :tecido testemunha -malha tinta – tecido testemunha, como podemos observar (Fig.5) abaixo:

Figura 5-Demonstrativo da disposição do corpo de prova e tecido testemunha para o teste de solidez



Fonte: Autora, 2020.

Este sanduíche então é colocado em um caneco de PVC com uma medida de 50 ml da solução de sabão em pó e água, colocado em contato com o banho maria a 40°C por 30 minutos

,no aparelho que simula o banho e maria e é usado para teste de solidez ,a máquina pode ser observada na Figura abaixo:

Figura 6 - Máquina de banho-maria usada para a realização dos testes de solidez



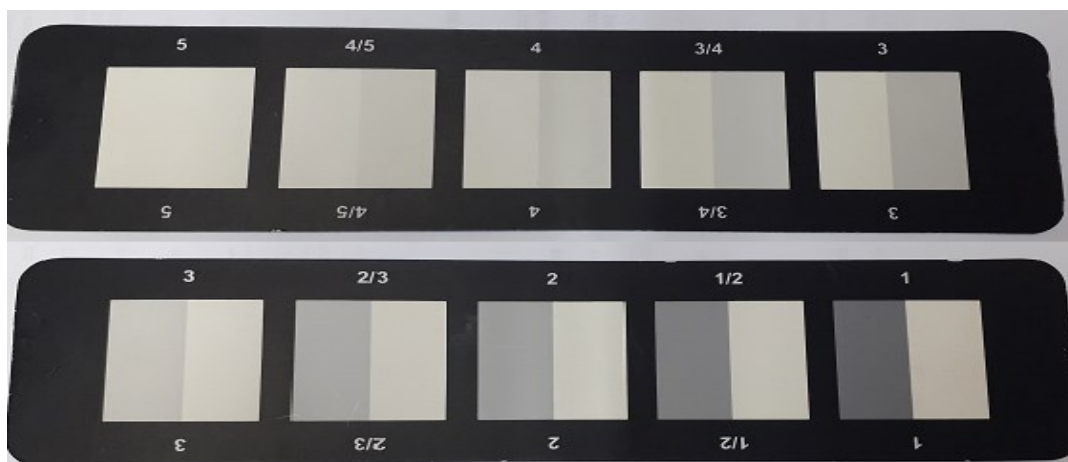
Fonte: Autora,2020.

Após o período de lavagem o corpo de prova é seco em estufa a uma temperatura de 95°C.A avaliação do teste de solidez ,segundo a norma NBR ISSO 105-C06:2010 ,é feita utilizando a escala cinza onde será avaliado a alteração da cor do corpo de prova em teste e a transferência de cor para o tecido testemunha.

A escala cinza é como sendo formada por 5 pares de amostras de cor cinza numeradas de 1 a 5.O par 5(solidez máxima) é formado por duas amostras idênticas .Isso significa que um corpo de prova que recebe grau 5 ,após o ensaio apresenta nenhuma diferença da amostra original(tecido testemunha antes da lavagem).Os pares de 4 a 1 são formados por uma amostra idêntica ao par 5 e uma outra amostra cinza perdendo sua intensidade de cor ,gradativamente (RODRIGUES, pg.169,1997).

Temos então que a escala do cinza nos apresenta sempre pares, onde um se refere ao tecido testemunha antes e outro o tecido testemunha após a lavagem, a fim de determinar o grau de transferência de cor e assim poder classificar a transferência. A escala do cinza é basicamente uma régua, como podemos observar na figura a seguir:

Figura 7- Escala cinza de transferência de cor



Fonte: Autora,2020.

A norma prevê ainda a classificação do teste de solidez que leva em consideração a relação entre o grau de transferência ou alteração de cor com a definição dessa transferência, podendo ser classificada de acordo com o Quadro 2 a seguir:

Quadro 2-Classificação da solidez da cor de acordo com o grau de transferência da escala cinza

GRAU DE TRANSFERÊNCIA OU ALTERAÇÃO DE COR	DEFINIÇÃO TRANSFERÊNCIA OU ALTERAÇÃO DE COR
5	SEM
4	LEVE
3	MODERADA
2	ALTA
1	SEVERA

Fonte: Autora,2020.

4.4 VERIFICAÇÃO DO APARECIMENTO DE CORANTES HIDRÓLISADOS APÓS O PROCESSO DE LAVAÇÃO

O aparecimento de corantes hidrolisados após o processo de lavagem da viscose é revelado na malha após a secagem da mesma e pode ser analisada visualmente pela sobreposição do corante na superfície da malha, caso a lavagem não seja eficiente será possível visualizar este fenômeno no material acabado, necessitando assim de uma nova lavagem, gerando um retrabalho para a empresa.

A verificação da formação de hidrólise do corante na malha lavada dos lotes que foram submetidas as reduções de água foi feita de forma visual, ou seja, analisando os lotes depois de secos e classificando quanto o aparecimento ou não de hidrólise de corantes devido algum residual que não tenha saído com a lavagem, identificando assim a eficiência da lavagem.

4.5 ANALISAR QUANTITATIVAMENTE E ECONOMICAMENTE O IMPACTO DA REDUÇÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAÇÃO DA VISCOSE

A sustentabilidade nada mais é do que a característica de um processo que visa o ganho tanto ambiental quanto econômico-social para determinada atividade ou serviço, nos processos industriais a sustentabilidade visa a preservação dos recursos naturais e a manutenção da atividade econômica do setor.

Como distrito por Fernandes (2015) na maioria das empresas o consumo é tratado em termos de performance, é necessário que a relação entre o consumo e a produtividade esteja sempre próxima do planejado ou da meta estabelecida, seguindo este contexto as análises de ganho foram estimadas a partir do conhecimento da demanda projetada para os próximos meses na unidade fabril. Tendo em mãos o levantamento do PPCP em relação a projeção feita até Dezembro/2020 foi então possível estimar o consumo de água seguindo as Equações (1 e 2):

Custo com a água (R\$) =

$$\begin{aligned} & \text{Quantidade de água utilizada no processo com a redução efetuada} \left(\frac{L}{Kg} \right) * \\ & \text{Massa da malha processada (Kg)} * \\ & \text{Custo do tratamento} \left(\frac{R\$}{m^3} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

Além da quantidade de água utilizada no processo de lavagem da viscose é de grande valia que se calcule também a quantidade de cavaco necessária para manter a temperatura de processo, que começa a 50°C e vai até 85°C. Para isso foi necessário calcular a quantidade de calor que seria necessária para aquecer a massa de água, determinada pela Equação 1, usando então a fórmula fundamental da calorimetria, que pode ser observada na Equação 3, abaixo:

$$Q = m * cp * \Delta T \quad (3)$$

Onde Q é a quantidade de calor necessária (kcal), m é a massa de água(kg),cp vem a ser o coeficiente de calor específico da água (1,0kcal/kg°C) e o ΔT é a variação de temperatura no processo. O cavaco comercial é vendido em m³, então a fim de determinar o custo desde insumo para o processo de lavação da viscose é necessário saber a quantidade de cavaco em m³ que será utilizada. Segundo dados que a empresa forneceu cada m³ de cavaco equivale a 250 kg dele, sabendo que cada kg de cavaco gera em média 2.100 kcal foi possível determinar a quantidade necessária de cavaco a partir da Equação 4:

$$Quantidade\ necessria\ de\ cavaco(m^3) = Q(kcal) * \frac{1\ kg\ cavaco}{2.100\ kcal} * \frac{1\ m^3\ cavaco}{250\ kg} \quad (4)$$

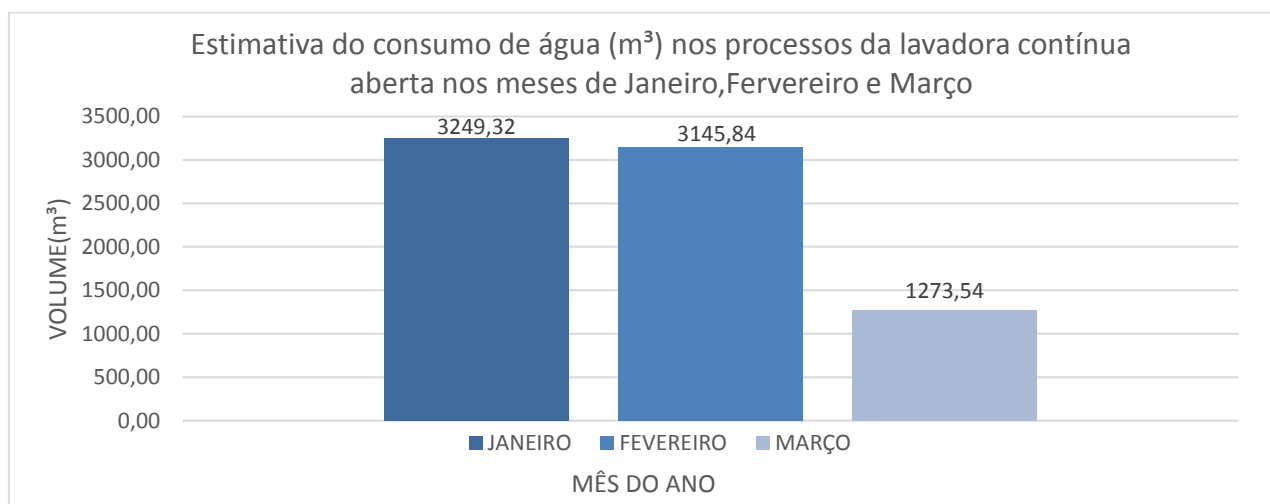
Os cculos foram realizados utilizando o programa *Microsoft Excel*, onde realizou-se os cculos e foram projetados os gráficos que serão apresentados no capítulo dos resultados. A análise dos dados foi efetuada através da comparao do consumo de água, estimadas pelo volume de produo projetada nos processos de lavo da viscose com e sem a reduo alcançada, visando demonstrar a importância econmica e ambiental da implantao desta melhoria no processo para a empresa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ESTIMATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA UTILIZADA NOS PROCESSOS REALIZADOS NA LAVADORA CONTÍNUA ABERTA

A estimativa de consumo de água nos processos realizados na lavadora contínua aberta foi efetuada de acordo com a demanda da produção por processos realizados neste equipamento. A lavadora, como já mencionado anteriormente, realiza processos de purga de poliamida e poliéster e lavações de viscoses, tanto de cores médias quanto cores escuras. O Gráfico 1 expressa visualmente o consumo de água utilizados nos processos realizados no equipamento nos meses de Janeiro, Fevereiro e Março deste ano, 2020.

Gráfico 1- Estimativa do consumo de água (m³) nos processos da lavadora contínua aberta nos meses de Janeiro, Fevereiro e Março



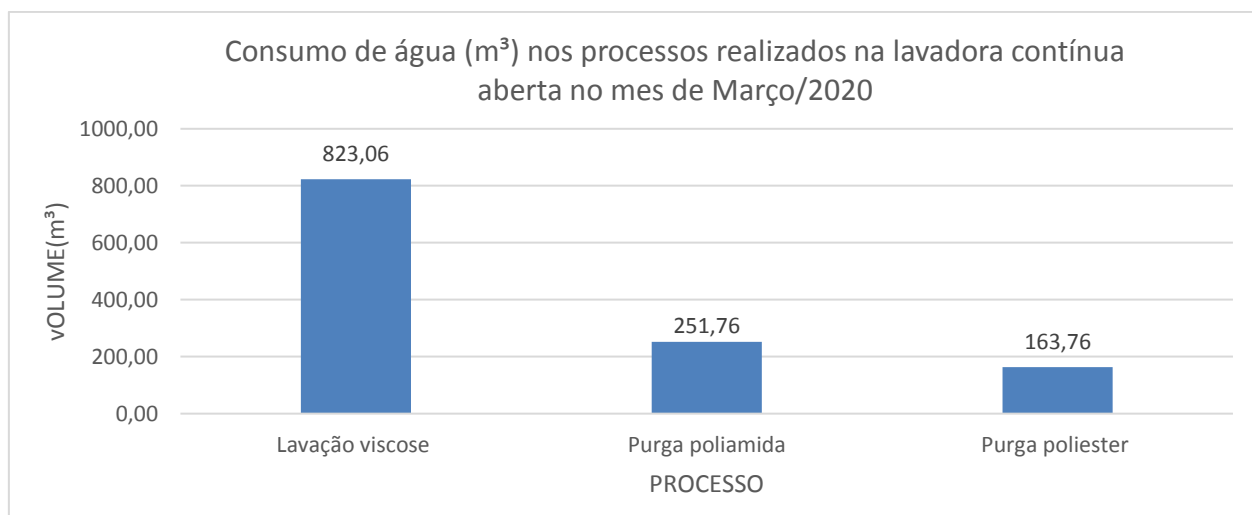
Fonte: Autora, 2020.

Podemos observar que os meses de Janeiro e Fevereiro tiveram consumo estimado respectivamente em 3249,32 m³ e 3145,84 m³, já o mês de Março teve sua estimativa de consumo em 1273,54 m³ somente, a variação significativa se dá pelo fato de que no último mês apresentado a fábrica encerrou seus trabalhos no dia 19, em virtude da emergência de saúde pública internacional relacionada ao SARS-CoV-2.

Com o levantamento de dados de produção mais específico realizado no mês de março foi possível estimar o consumo referente a cada processo realizado na lavadora contínua aberta

podendo assim determinar qual deles apresenta uma maior demanda de água neste equipamento. O consumo estimado de água em cada processo pode ser observado abaixo:

Gráfico 2- Consumo de água (m³) nos processos realizados na lavadora contínua aberta no mês de Março/2020



Fonte: Autora, 2020.

Através dos resultados obtidos temos que para a lavagem de viscose foram consumidos 823,06 m³, para a purga da poliamida 251,76 m³ e para a purga do poliéster 163,76 m³. Os resultados obtidos evidenciam que o processo que mais consome água na lavadora contínua é a lavagem da viscose que representa 66,45% do consumo total do equipamento no mês de Março. Outro fato que explica o maior consumo por parte da lavagem da viscose é que os artigos deste tipo de fibra compõem em torno de 65% da demanda produtiva da empresa, ou seja, independente da estação do ano essa fibra sempre estará em alta na cadeia produtiva da empresa.

5.2 REALIZAÇÃO DOS TESTES NO PROCESSO PRODUTIVO

Os testes foram realizados na lavadora contínua aberta modelo TRIKOFLEX - LTS-DM000T2 - 2200 onde variou-se a vazão de entrada de água nos processos de lavagem da viscose diminuindo a vazão de 10% até 20% da quantidade atual usada neste processo. A diminuição da vazão foi feita de forma gradativa até a verificação de resultados que comprometeriam a qualidade do produto e da manutenção de ideia de sustentabilidade no processo de lavagem. Ao todo foram realizados testes em 38 lotes, dos quais os resultados estão apresentados no decorrer deste capítulo.

5.3 TESTE DE SOLIDEZ MALHA

5.3.1 TESTES DE SOLIDEZ PARA A REDUÇÃO DE 10% NA VAZÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAÇÃO DA VISCOSE

Os testes de solidez para a redução de 10% da vazão foram efetuados logo após o final da lavagem dos respectivos lotes submetidos a este teste. Para a realização dos testes diminui-se em 10% a quantidade de água utilizada no processo atual de lavagem passando então de 13 litros de água por kg de malha para 11,7 litros de água por kg de malha. Foram testados ao todo 12 lotes, sendo 8 lotes de cores médias e 4 lotes de cores escuras.

Os corpos de prova juntamente com o tecido testemunham foram analisados de acordo com a escala cinza, após a realização do ensaio cuja metodologia já foi apresentada anteriormente. Os resultados do grau de transferência obtidos e suas respectivas definições de acordo com a norma NBR 105-06C:2010, constam na Quadro 3:

Quadro 3- Avaliação dos testes de solidez para a redução de 10%

Nº Teste	Cor	Tonalidade	Grau De Transferência Ou Alteração De Cor	Definição Transferência Ou Alteração De Cor
1	80105	Bordo	4/5	Leve - Sem
2	8040	Preto	4/5	Leve - Sem
3	8040	Preto	4/5	Leve - Sem
4	8040	Preto	4/5	Leve - Sem
5	7397	Alaranjado	5	Sem
6	7269	Alaranjado	5	Sem
7	6437	Alaranjado	5	Sem
8	7397	Alaranjado	5	Sem
9	7269	Alaranjado	5	Sem
10	7269	Alaranjado	5	Sem
11	7397	Alaranjado	5	Sem
12	7396	Alaranjado	5	Sem

Fonte: Autora, 2020.

As análises de solidez dos lotes com tons alaranjados submetidos a diminuição de 10% da vazão de água apresentaram solidez classificada como 5 na escala cinza, ou seja apresentaram resultado favorável e definido como Leve. Já os lotes da cor preto obtiveram valores de 4/5 segundo a escala do cinza, sendo uma transferência de cor considerada Leve - Sem. Já era esperado que o grau de transferência de cor na cor preta seria maior visto que ela

apresenta maior concentração de corante na sua receita, podendo assim ter mais residual que solta na hora da lavagem. Os testes de solidez para os lotes submetidos a diminuição de 10% na quantidade de água da lavação obtiveram, em geral, resultados satisfatórios demonstrando que a redução feita não surge efeito sobre este parâmetro e que a solidez obtida se encontra dentro dos padrões de qualidade que a empresa adota que seria solidez até um grau 4 de transferência de cor.

5.3.2 TESTES DE SOLIDEZ PARA A REDUÇÃO DE 15% NA VAZÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAÇÃO DA VISCOSE

Após os resultados dos testes com a redução de 10% no consumo de água apresentarem bons resultados partiu-se então para a posterior redução, desta vez de 15%. Diminui-se então 15% a quantidade de água utilizada no processo atual de lavação da viscose passando então de 13 litros de água por kg de malha para 11,05 litros de água por kg de malha. Foram testados 13 lotes com esta redução, sendo todos de cores escuras.

Logo após a passagem dos testes pela lavadora, foram coletadas amostras da malha lavada e realizados os devidos testes de solidez de cada lote. Os corpos de prova juntamente com o tecido testemunha foram analisados de acordo com a escala cinza, após a realização do ensaio cuja metodologia já foi apresentada anteriormente. Os resultados do grau de transferência obtidos e suas respectivas definições de acordo com a norma NBR 105-06C:2010, constam no Quadro 4:

Quadro 4- Avaliação dos testes de solidez para a redução de 15%

(continua)

Nº Teste	Cor	Tonalidade	Grau De Transferência Ou Alteração De Cor	Definição Transferência Ou Alteração De Cor
1	80108	Bordo	4/5	Leve - Sem
2	8040	Preto	4	Leve
3	8040	Preto	3/4	Leve-Moderado
4	8877	Vermelho	4/5	Leve - Sem
5	80108	Bordo	4/5	Leve - Sem
6	8040	Preto	4/5	Leve - Sem
7	81346	Azul Escuro	4/5	Leve - Sem
8	8040	Preto	4/5	Leve - Sem
9	80108	Bordo	4/5	Leve - Sem
10	81208	Marrom	4/5	Leve - Sem

(continuação)

11	8040	Preto	4	Leve
12	80152	Alaranjado	4	Leve
13	80152	Alaranjado	4	Leve

Fonte: Autora, 2020.

Dos 13 lotes testados com a redução de 15% de vazão de água na lavação, 8 deles apresentaram grau de transferência de 4/5, dentre estes temos tonalidades de bordô, vermelho, azul escuro e marrom, a partir da definição do grau de transferência de cor temos que os mesmos apresentam transferência considerada de Leve à Sem.

Entre estes 13 lotes, temos 5 que apresentaram valores não tão bons de solidez quando comparados aos anteriores. Estes lotes são das colorações preto e alaranjado, sendo que 4 destes obtiveram transferência de cor considerada Leve (grau 4) e 1 transferência de cor considerada Leve-Moderada (grau $\frac{3}{4}$). A definição do grau 4 é a máxima permitida pelos padrões de qualidade da empresa, reprovando assim um dos lotes testados.

5.3.3 TESTES DE SOLIDEZ PARA A REDUÇÃO DE 20% NA VAZÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAÇÃO DA VISCOSE

Como os testes com redução de 15% apresentaram, em sua maioria, resultados satisfatórios deu-se continuidade na diminuição da vazão de água no processo de lavação a fim de avaliar até onde esta diminuição influencia na qualidade final do produto. Para a realização do teste diminui-se em 20% da quantidade de água utilizada no processo atual de lavação passando então de 13 litros de água por kg de malha para 10,4 litros de água por kg de malha. Foram testados 13 lotes com esta redução, sendo todos eles de cores escuras.

Os corpos de prova juntamente com o tecido testemunha foram analisados de acordo com a escala cinza, após a realização do ensaio cuja metodologia já foi apresentada anteriormente. Os resultados do grau de transferência obtidos e suas respectivas definições de acordo com a norma NBR 105-06C:2010, constam no Quadro 5:

Quadro 5- Avaliação dos testes de solidez para a redução de 20%

(continua)

Nº Teste	Cor	Tonalidade	Grau De Transferência Ou Alteração De Cor	Definição Transferência Ou Alteração De Cor
1	8040	Preto	4	Leve
2	8040	Preto	$\frac{3}{4}$	Leve-Moderado
3	8040	Preto	$\frac{3}{4}$	Leve-Moderado
4	83004	Bordo	4	Leve

(continuação)

5	82268	Azul	4	Leve
6	8040	Preto	4	Leve
7	83004	Bordo	4	Leve
8	8040	Preto	4	Leve
9	81143	Verde Musgo	4	Leve
10	80105	Verde	4/5	Leve-Sem
11	80152	Alaranjado	4	Leve
12	8040	Preto	3/4	Leve-Moderado
13	8972	Azul Escuro	4	Leve

Fonte: Autora, 2020.

Entre os lotes submetidos a lavação com redução de 20% da vazão de água, apenas um apresentou grau de transferência igual a 4/5, definido como tendo solidez de Leve á Sem. Os demais lotes sofreram diminuição do grau de transferência, sendo que 9 deles apresentaram grau de transferência 4, considerada Leve, e outros 3 apresentaram grau de transferência de $\frac{3}{4}$, definido de acordo com a norma como sendo uma solidez da cor de Leve a Moderada.

Observou-se, a partir dos resultados obtidos, que a redução feita acarretou na diminuição do grau de transferência da cor quando comparada aos testes de diminuição da vazão anteriores, fazendo com que grande parte dos lotes testados fiquem abaixo do padrão de qualidade quanto a solidez da cor imposto pela empresa que é de grau até 4.

5.4 VERIFICAÇÃO DO APARECIMENTO DE CORANTES HIDROLISADOS APÓS A LAVAGEM DOS LOTES TESTADOS

5.4.1 VERIFICAÇÃO DO APARECIMENTO DE CORANTES HIDROLISADOS APÓS A LAVAGEM PARA OS LOTES SUBMETIDOS A REDUÇÃO DE 10% NA VAZÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAÇÃO DA VISCOSE

Os lotes de viscose submetidos a lavação com redução de 10% da vazão de água apresentaram bons resultados quanto a formação de hidrólise após a lavagem, como podemos observar no Quadro 6, em nenhum dos lotes houve a formação de hidrólise de corantes residuais nas malhas.

Quadro 6- Identificação de hidrólise nos lotes que sofreram redução de 10% na quantidade de água da lavação

Nº Teste	Formação De Hidrolise	Nº Teste	Formação De Hidrolise
1	Sem	7	Sem
2	Sem	8	Sem
3	Sem	9	Sem
4	Sem	10	Sem
5	Sem	11	Sem
6	Sem	12	Sem

Fonte: Autora,2020.

De acordo com os resultados obtidos temos então que a lavagem realizada foi eficiente mesmo com a redução feita, visto que nenhum dos lotes apresentou hidrólise após a lavagem e não precisou ser reprocessado.

5.4.2 VERIFICAÇÃO DO APARECIMENTO DE CORANTES HIDROLISADOS APÓS A LAVAGEM PARA OS LOTES SUBMETIDOS A REDUÇÃO DE 15% NA VAZÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAGEM DA VISCOSE

Para os lotes onde houve a redução de 15% na quantidade de água da lavação, assim como o anterior, apresentaram bons resultados quanto a formação de hidrólise visto que nenhum dos lotes testados sofreu deste fenômeno. O Quadro 7 expressa a seguir os resultados obtidos:

Quadro 7- Identificação de hidrólise nos lotes que sofreram redução de 15% na quantidade de água da lavação

Nº Teste	Formação De Hidrólise	Nº Teste	Formação De Hidrólise
1	Sem	8	Sem
2	Sem	9	Sem
3	Sem	10	Sem
4	Sem	11	Sem
5	Sem	12	Sem
6	Sem	13	Sem
7	Sem		

Fonte: Autora,2020.

5.4.3 VERIFICAÇÃO DO APARECIMENTO DE CORANTES HIDROLISADOS APÓS A LAVAGEM PARA OS LOTES SUBMETIDOS A REDUÇÃO DE 20% NA VAZÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAGEM DA VISCOSE

A redução de 20% da quantidade de água no processo de lavagem da viscose, diferentemente dos testes anteriores, apresentou a formação de hidrólise após a lavagem em 3 lotes testados. Estes lotes, 2, 3 e 12 como podemos observar no Quadro 8, são os mesmos que apresentaram grau de solidez abaixo do padrão da empresa e por apresentarem hidrólise, mesmo depois da lavagem, tiveram que passar por uma nova lavagem gerando assim retrabalho e consequentemente um maior consumo de água.

Quadro 8 - Identificação de hidrólise nos lotes que sofreram redução de 20 % na quantidade de água da lavagem

Nº Teste	Formação De Hidrólise	Nº Teste	Formação De Hidrólise
1	Sem	8	Sem
2	Houve	9	Sem
3	Houve	10	Sem
4	Sem	11	Sem
5	Sem	12	Houve
6	Sem	13	Sem
7	Sem		

Fonte: Autora, 2020.

De acordo com os resultados obtidos, temos que a redução de 20% da quantidade de água na lavagem de viscose teve influência sobre a formação de hidrólise de alguns dos lotes testados, fazendo com que 3 destes apresentassem resultados insatisfatórios. A empresa vem buscando minimizar ao máximo a geração de retrabalho, a fim de implantar uma gestão mais eficiente e diminuir o custo com este tipo de operação, sendo então inviável a implementação desta redução, visto que para o consumo atual de água esse tipo de problema raramente acontece.

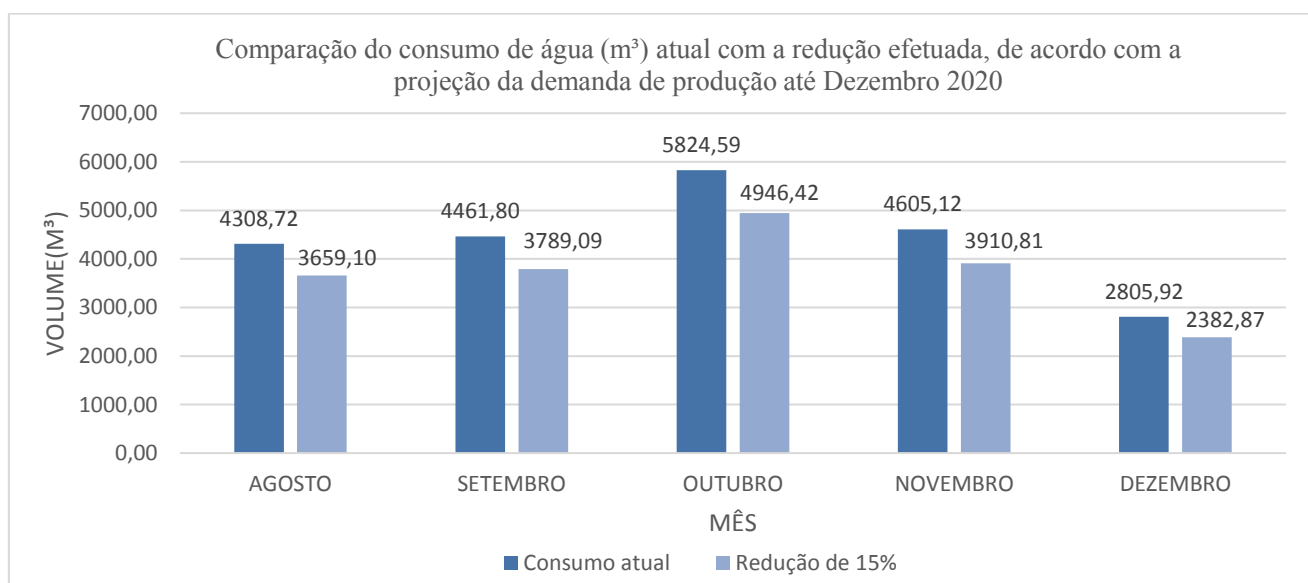
O foco principal deste trabalho é a diminuição de água no processo de lavagem da viscose tinta de modo que não interfira na qualidade do produto final, estes 3 lotes que ficaram fora do padrão de qualidade da empresa acabaram gerando também um gasto de 16.803 L de água com o retrabalho, visto que os mesmos tiveram que ser lavados novamente para a remoção completa do corante hidrolisado.

5.5 ANÁLISE QUANTITATIVA E ECONOMICA DO IMPACTO DA REDUÇÃO DE ÁGUA NOS PROCESSOS DE LAVAÇÃO DA VISCOSE

De acordo com os resultados alcançados ao decorrer do presente trabalho temos que a redução de 15% da quantidade de água no processo de lavação da viscosa obteve melhor desempenho quando se trata de atender as necessidades da empresa ,tanto com a redução do uso da água quanto a garantia de qualidade do produto final. A redução efetuada foi satisfatória pois seguiu com o padrão de qualidade da empresa quanto a solidez e a formação de hidrólise, não gerou retrabalhos e ainda causou diminuição dos custos de processos relacionados ao uso da água.

A projeção da demanda de produção calculada pelo PPCP prevê que em torno de 1.692 toneladas de viscosa passarão pelo processo de lavação na lavadora contínua até dezembro deste ano ,o que com a quantidade de água usada atualmente geraria uma demanda de 22.006 m³ de água ,já com a redução efetuada de 15% a demanda de água passa a ser em torno de 18.700 m³.O Gráfico 3 , demonstra a comparação do gasto de água ao longo dos meses de Agosto a Dezembro deste ano, comparando a quantidade usada atualmente com a redução efetuada ,a fim de demonstrar a diminuição do consumo da mesma.

Gráfico 3-Comparação do consumo de água (m³) atual com a redução efetuada, de acordo com a projeção da demanda de produção até Dezembro 2020

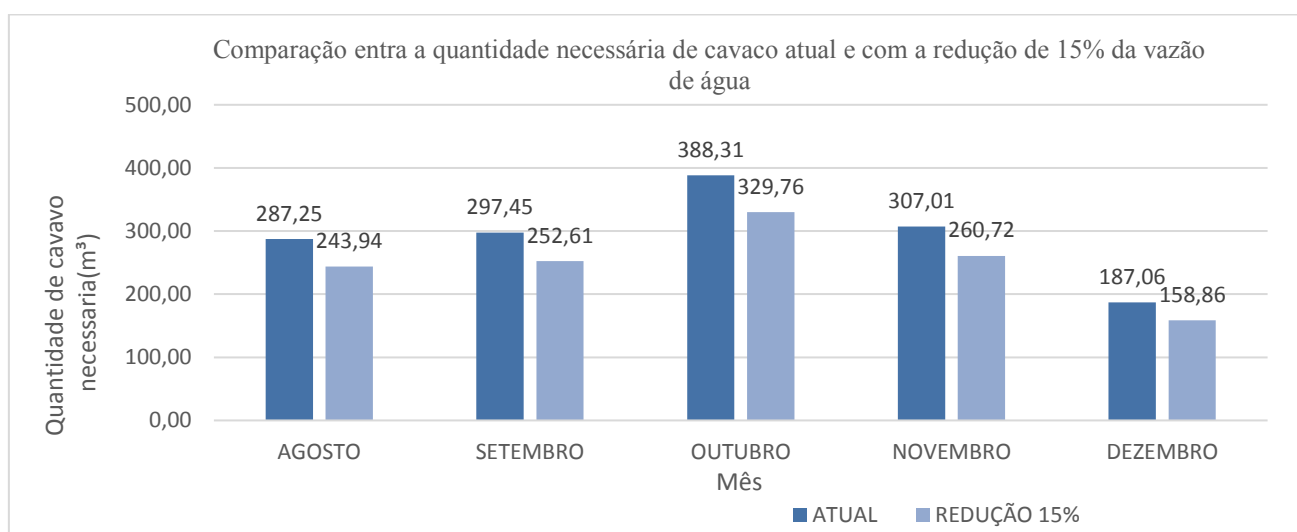


Fonte: Autora,2020.

A projeção da demanda de produção da empresa é mais precisa para os tres primeiros meses representados no gráfico,para os meses de Novembro e Dezembro podem ocorrer variações e provavelmente o aumento deste valor porque os pedidos ainda estão sendo implantados.O mês de outubro apresenta maior demanda hídrica nos processos de lavação visto que será, de acordo com a projeção, o mês com maior produção de viscose entre os estudados.De acordo com a comparação efetuada do consumo de água,podemos observar que serão economizados em média 672 m³ de água por mês com a redução de 15% , o que representa a lavagem de aproximadamente mais 200 lotes de 300 kg por mês , já que cada lote consome em media 3,3 m³ de água .

O processo de lavação da viscose demanda de uma temperatura alta ,como já foi mencionado anteriormente,essa temperatura é fornecida por meio do aquecimento da água com vapor gerado na caldeira.O aquecimento realizado na caldeira é efetuado por meio da queima do cavaco e a empresa usa em média 300 m³ de cavaco.Com a redução de 15% da vazão de água que é usada no processo de lavação da viscose consequentemente a quantidade necessaria de calor para o aquecimento dessa água tambem sofrera uma redução e assim diminuirá a quantidade neccessária de cavaco.De acordo com os resultados obtidos temos que foi possivel diminuir de 1.467 m³ para 1.245 m³ de cavaca necessario ate dezembro de 2020 sendo uma redução média de 44m³ por mês.No Gráfico 4 podemos observar a comparação da quantidade necessaria com e sem a redução realizada no processo de lavação.

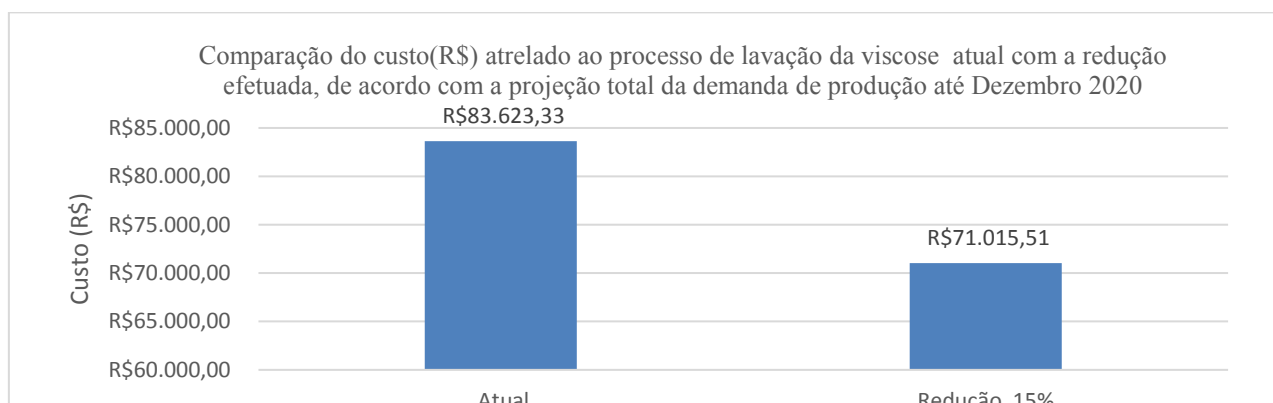
Gráfico 4-Comparação entra a quantidade necessária de cavaco atual e com a redução de 15% da vazão de água



Fonte: Autora,2020.

A aplicação da sustentabilidade em processo esta diretamente ligada com a capacidade de preservar os recursos naturais e ainda conseguir diminuir o custo do processo em si, trazendo assim benefícios ambientais e economicos. Com a redução no consumo de água no processo de lavação da viscose foi possível abaixar o custo atrelado a este processo, o custo do tratamento da água para a empresa esta em torno de R\$2,0 /m³ e o preço do cavaco para ao aquecimento da caldeira esta em torno de R\$27,00/m³. No Gráfico 5, podemos observar que de R\$ 83.623,33 que seriam gastos ate dezembro com o tratamento de água para os processos de lavação da viscose realizados na lavadora contínua, com a redução serão gastos apenas R\$ 71.015,11, ocasionando assim uma economia de R\$ 12.607,83.

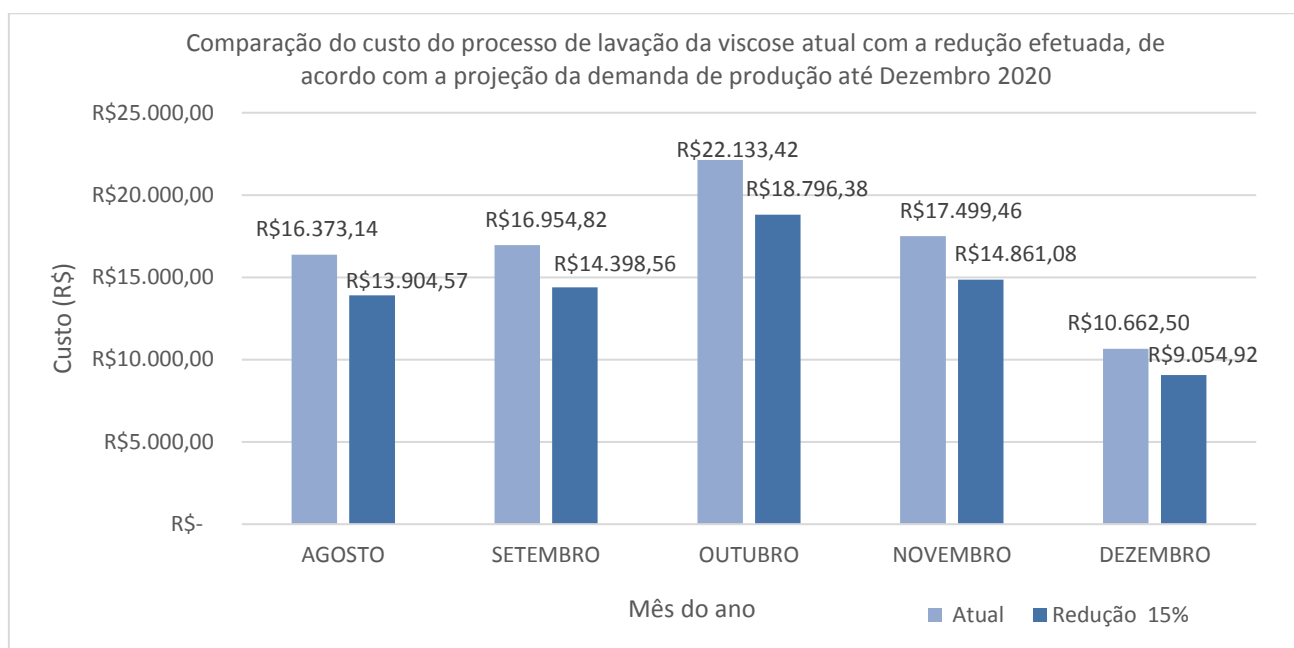
Gráfico 5-Comparação do custo(R\$) atrelado ao processo de lavação da viscose atual com a redução efetuada, de acordo com a projeção total da demanda de produção até Dezembro 2020



Fonte: Autora, 2020.

De acordo com o gráfico a seguir podemos observar que assim como a demanda hídrica, o custo total com o tratamento da água e a quantidade necessária de cavaco, para dar condições de realizar o processo de lavação também é dependente da quantidade de viscose em produção e varia a cada mês. Comparando o custo atual com a redução efetuada temos uma economia média de R\$ 2.556,00 por mês com o consumo de água e cavaco no processo de lavação da viscose.

Gráfico 6-Comparação do custo do processo de lavação da viscose atual com a redução efetuada, de acordo com a projeção da demanda de produção até Dezembro 2020



Fonte: Autora, 2020.

Os valores apresentados de cada mês são calculados de acordo com a demanda de produção da empresa, ou seja, estes dados representam uma estimativa realizada em cima dessa projeção que pode variar com a implantação de mais pedidos ao longo destes meses.

Conforme os resultados obtidos podem-se concluir que foi possível aliar pilares da sustentabilidade em um processo industrial como a lavação da viscose com a redução da demanda hídrica e consequentemente o custo atrelado ao tratamento para posterior uso desse recurso dentro do processo.

6 CONCLUSÃO

Em virtude dos aspectos analisados no presente trabalho pode-se concluir que é possível reduzir em 15 % o consumo de água nos processos de lavação da viscose sem afetar a qualidade do produto.

A estimativa do consumo de água nos processos realizados na lavadora contínua aberta demonstrou que os processos realizados neste equipamento utilizam em média 2.555 m³ de água por mês e o processo de lavação da viscose representa 66% do consumo de água na lavadora ao longo de um mês de operação, enfatizando o estudo aprofundado que foi proposto ao longo deste trabalho afim de reduzir o consumo de água .

Para as etapas de redução da vazão de água ,teste de solidez e verificação da formação de hidrólise podemos concluir que com a redução de 15% da vazão de água no processo de lavação da viscose foram obtidos os resultados mais satisfatórios para atender o que o presente trabalho propunha , a redução do consumo de água sem afetar a qualidade do produto final.

A partir dos testes realizados foi possível concluir que a redução de 15% na vazão de água no processo de lavação da viscose é de grande relevância tanto do ponto de vista de preservação dos recursos naturais quanto da otimização do processo em si. Mediante o cálculo realizado de acordo com a demanda da empresa serão economizados em média 672 m³ de água por mês nos processos de lavação da viscose até o final deste ano, somando um total de aproximadamente 3.300 m³ de água economizados até dezembro. Em relação a diminuição em custos temos que será possível reduzir em média R\$ 2.556 reais por mês com o consumo de água e cavaco no processo de lavação da viscose, totalizando uma economia de aproximadamente R\$ 12.607,83 até dezembro de 2020

O presente trabalho foi realizado de acordo com a demanda atual da empresa, sendo em sua maioria cores escuras, ou seja, com alta concentração de corantes em suas receitas. A fim de diminuir ainda mais o consumo de água nos processos de lavação da viscose sugere-se a continuidade do estudo com cores de tons médios, com menor concentração de corantes, que possivelmente poderão ter até maiores reduções da quantidade de água na lavação. Sugere-se também um estudo mais aprofundado quanto a classificação e composição química dos corantes e sua influência na solidez e consequentemente na quantidade de água utilizada no processo de lavação após o tingimento.

REFERÊNCIAS

ABIT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS TÊXTEIS. Disponível em: <https://www.abit.org.br/site>. Acesso em: maio 2020.

ABNT. TÊXTEIS — **ENSAIOS DE SOLIDEZ DA COR PARTE C06: SOLIDEZ DA COR À LAVAGEM DOMÉSTICA E COMERCIAL** ABNT NBR ISO 105-C06:2010. [S. l.]: [s. n.], 2010. 10 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **ÁGUA NA INDÚSTRIA: USO E COEFICIENTES TÉCNICOS**. Brasília-DF: [s. n.], 2017. Disponível em: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/%C3%81gua%20na%20Ind%C3%BAstria%20-%20Uso%20e%20Coeficientes%20T%C3%A9cnicos%20-%20Vers%C3%A3o%20FINAL%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/%C3%81gua%20na%20Ind%C3%BAstria%20-%20Uso%20e%20Coeficientes%20T%C3%A9cnicos%20-%20Vers%C3%A3o%20FINAL%20(1).pdf). Acesso em: 12 maio 2020

ALCANTARA, M.R; DALTIM, D. **A QUÍMICA DO PROCESSAMENTO TÊXTIL**. Química Nova, São Paulo, v. 1, 19 out. 1995. Disponível em: http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=4115. Acesso em: 25 maio 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. CNI. Indústria Sustentável. *In: A INDÚSTRIA É PARTE IMPORTANTE NO DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES PARA GARANTIR A SEGURANÇA HÍDRICA*. [S. l.], 2019. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-sustentavel/>. Acesso em: 9 jul. 2020.

COSTA, Marcelo; DE LIMA, Apoliane; ROSA, Jorge Marcos. **FIBRAS TÊXTEIS NO BRASIL: PROPRIEDADES E PERFIL ATUAL DAS PRINCIPAIS FIBRAS UTILIZADAS NO SETOR DO VESTUÁRIO**. 9º Colóquio de Moda –Fortaleza (CE) - 2013, Fortaleza, v. 1, 2013. Disponível em: <http://docplayer.com.br/22871742-Fibras-texteis-no-brasil-propriedades-e-perfil-atual-das-principais-fibras-utilizadas-no-setor-do-vestuario.html>. Acesso em: 11 maio 2020.

DAMINELLI, Lidiane Milanez. **REDUÇÃO DO PERCENTUAL DE CORANTES EM TINGIMENTO TÊXTIL VISANDO A REDUÇÃO DE CUSTOS**. 2009. 43 f. TCC (Bacharel em Engenharia Química) - Graduando, Tubarão, 2009.

ESCOLA ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL (Ceará). Governo do Estado. **CONTROLE DE QUALIDADE QUÍMICO NA INDÚSTRIA TÊXTIL**. 1. ed. rev. Ceará: Secretaria da Educação de Ceará, 2012. 36 p. v. 1. Disponível em: https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2012/06/textil_controle_de_qualidade_quimico_na_industria_textil.pdf. Acesso em: 1 jun. 2020.

FERNANDES, João Pedro Oliveira. **PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA GESTÃO DE PRODUÇÃO, VISANDO REDUÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA UNIDADE FABRIL DO SETOR DE BENS DE CONSUMO**. 2015. 79 f. TCC (Bacharel em Engenharia Elétrica) - Graduando, [S. l.], 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/139113/000864907.pdf?sequence=1>. Acesso em: 31 maio 2020.

GERÊNCIA NACIONAL SUSTENTABILIDADE E RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL. CAIXA. Guia de diretrizes socioambientais para indústria têxtil: Consumo de água e energia. **BOAS PRÁTICAS SOCIOAMBIENTAIS - SETOR DE INDÚSTRIA TÊXTIL**, [S. l.], 2018. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/Downloads/Guias-Socioambientais-Caixa/GUIA_Têxtil.pdf. Acesso em: 22 jun. 2020.

GUARATINI, Cláudia C. I.; ZANONI, Maria Valnice B. **CORANTES TÊXTEIS**. 1999. 8 f. Revisão (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Graduando, Araraquara, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v23n1/2146.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2020.

RODRIGUES, Ednilson Caetano. **CONTROLE DE QUALIDADE EM QUÍMICA TÊXTIL: métodos práticos**. Rio de Janeiro: SENAI/DN, SENAI/CETIQT, CNPq, IBITC, PADCT, TIB, 1997. v. 1.

SALEM, Vidal. **CURSO DE TINGIMENTO TÊXTIL**. 1. ed. rev. São Paulo: ABQCT, 2001. 102 p. v. 2.