

**Impactos da reutilização da água na indústria têxtil: estudo de caso.**

***Impacts of water reuse in the textile industry: case study.***

*Monique Proença Torcato<sup>1</sup>; Edvaldo José Scoton<sup>1</sup>.*

*<sup>1</sup>Centro Universitário Sagrado Coração, Bauru/SP, Brasil.*

E-mail (autor principal): *edvaldo.scoton@unisagrado.edu.br*

## **RESUMO**

A preocupação com a escassez de água potável levou empresas e indústrias a adquirirem novos métodos e tecnologias com a finalidade de reduzir o consumo abundante deste recurso. A indústria têxtil possui um mercado muito grande e por conta disso, sua produção também em larga escala faz com que seja necessária a utilização de milhares de litros de água para o processamento de um único lote de peça de roupa. Visando a economia, o tratamento e a reciclagem da água tornaram-se fundamental para diminuir os impactos ambientais. O presente estudo de caso teve finalidade demonstrar uma análise quantitativa dos valores comparativos entre os processos com a utilização da água reciclada e quando não utilizado. Foi observado uma grande diferença de volume de descarte, volume de água limpa utilizada e a redução dos impactos ambientais quando é realizada a reciclagem da água.

**Palavras-chave:** Água. Reuso. Reciclagem. Processo. Indústria Têxtil.

## **ABSTRACT**

*The concern with the scarcity of drinking water has led companies and industries to acquire new methods and technologies in order to reduce the abundant consumption of this resource. The textile*

*industry has a very large market and because of that, its production on a large scale also makes it necessary to use thousands of liters of water to process a single batch of clothing. With a view to saving, water treatment and recycling have become essential to reduce environmental impacts. The present case study aimed to demonstrate a quantitative analysis of the comparative values between the processes with the use of recycled water and when not used. There was a big difference in the volume of waste, the volume of clean water used and the reduction of environmental impacts when water is recycled.*

**Keywords:** *Water. Reuse. Recycling. Process. Textile industry.*

## INTRODUÇÃO

O uso consciente da água mostrou-se necessário ao redor do mundo desde que o assunto sobre aquecimento global ganhou espaço nas grandes mídias. Por conta deste fator, políticas de proteção aos recursos naturais, em especial na vertente hídrica, começaram a serem instauradas a fim de reduzir o impacto humano no meio ambiente, uma vez que seu consumo tende a aumentar devido ao crescimento industrial (DANTAS; SALES, 2009).

Devido a esse aumento, a preocupação com a escassez da água tem sido observada desde a década de 1970, após a conferência de Estocolmo, que visava implementar uma tecnologia limpa nas indústrias (*Clean Technology*) e com isso, essas novas tecnologias passaram a ser desenvolvidas pensando no desenvolvimento ecológico e sustentável (BARBIERI, 2004), considerando que o custo da água potável tem se elevado cada vez mais, é natural que novas tecnologias sejam criadas para que a reciclagem se torne frequente no setor industrial (MENEZES, 2005).

Desde então, órgãos governamentais foram criados para monitorar a qualidade ambiental e a fiscalização passou a ser uma prática ativa dentro das indústrias, implementando um novo setor, comumente chamado de unidade de tratamento de poluentes, que trata dos problemas como emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos, a fim de reduzir a quantidade de poluentes que serão descartados no ambiente. Essa tecnologia de tratamento é conhecida como *end-of-pipe*, ou fim-de-tubo (OURA; SOUZA, 2007).

De acordo com Nunes (1996), a água possui uma variedade de substâncias químicas, biológicas e físicas que podem estar dissolvidas ou em suspensão, em virtude disso, a água deve ser tratada, mesmo em sua forma natural, uma vez que a contaminação se dá por meio de sua precipitação em forma de chuva, escoar pelo solo e se acumula em fontes, lagos ou rios.

São necessários inúmeros testes que comprovem a pureza e a qualidade da água, sendo de extrema importância delimitar os padrões para cada tipo de processo, onde a partir do procedimento, a água receberá um pré-tratamento estabelecido pela indústria, onde serão avaliadas características físicas, químicas e microbiológicas (FARIA, 2004).

Nas palavras de Fernandes (2010, apud. HASSEMER & SENS, 2002, apud. HEWSON, 1998) a indústria têxtil é um dos maiores setores industriais e um dos principais polos da economia brasileira, sendo o manejo hídrico seu maior componente, com potencial de causar graves impactos ambientais por meio de sua utilização e descargas contínuas com elevada carga poluente. A água é, sem dúvida, essencial para o tratamento de têxteis, desde a fiação até o tratamento das peças acabadas.

Porto & Schoenhals (2013), afirmam que o processo das lavanderias industriais requerem uma quantidade abundante de água, ultrapassando o volume de 100m<sup>3</sup> para cada tonelada de tecido processado, o que gera mais de 100 kg de matéria orgânica, além de apresentarem índices elevados no consumo de produtos químicos, que são utilizados para diferentes tipos de lavagens, branqueamento, tingimento e acabamento.

Tendo em vista que o ato de reutilizar a água é benéfico para ambas as partes, tanto para o meio ambiente quanto para a indústria-empresa, pois leva-se em consideração que há uma considerável redução dos gastos quanto ao consumo dos efluentes, sendo assim uma boa alternativa para o empreendedor remanejar sua equipe, orientando para aderir às boas práticas ambientais que podem ser aplicadas aos processos e atividades têxteis (MACHADO JUNIOR et al, 2014).

De acordo com Oliveira (2015), a questão da sustentabilidade está no meio têxtil desde meados de 1960, onde a busca por materiais mais adequados e métodos mais eficientes dominam o setor até os dias de hoje, sempre tendo como foco ideias de integração com o meio ambiente, racionalidade produtiva e equidade social se comunicarem com uma ordem econômico-ecológica globalizada.

Essa busca por sustentabilidade tem levado indústrias a se orientarem em direção a práticas de melhorias contínuas, além de estarem cada vez mais encaminhadas do fluxo da regularização ambiental, fazendo com que haja uma otimização nas rotinas laborais como por exemplo: limpeza, organização, otimização de tempo de produção, saúde, segurança, redução do potencial poluidor, sendo possível que, dessa forma, o benefício seja tanto ambiental quanto econômico (MACHADO JUNIOR et al, 2014).

Os programas que têm como foco o tratamento dos efluentes são ótimos exemplos de ações ecológicas, viabilizando a execução da transformação de resíduos em insumos ou em produto, anulando a toxicidade desses dejetos no meio ambiente (VELLANI; RIBEIRO, 2009). Como a indústria têxtil utiliza grandes volumes de água no beneficiamento de seus produtos, os insumos representam 90% do consumo geral da indústria por tonelada de tecido produzido, de acordo com a afirmação de Von Sperling (2007).

Com base nesses dados, torna-se nítido como o avanço industrial fez a população se preocupar com a escassez da água potável. A medida com que essa preocupação aumenta, fez-se necessária a criação de novos métodos para, de certa forma, frear os gastos abundantes deste tesouro natural que é a matéria prima mais utilizada em diversos tipos de setores e em diferentes etapas e processos industriais.

Conferências, tratados e leis foram criadas para que as indústrias passassem a reutilizar a água que utilizaram em seus processos. Sendo assim, o setor industrial passou a ter um mecanismo mais sustentável, elaborando em seu próprio território, estações de tratamento de efluentes que, a partir de processos químico-físicos fazem com que a água retorne para que seja utilizada novamente em outros processos.

O estudo de caso foi realizado na lavanderia da indústria têxtil L'orsa Modas e confecções Ltda na cidade de Avaré localizada no interior do estado de São Paulo.

O estudo tem como abordagem principal, exibir dados comparativos entre o impacto hídrico a partir da reutilização da água como um meio sustentável, relacionando todo o investimento necessário para que tal projeto seja efetuado de acordo com a legislação vigente e definindo ser rentável tanto para o empreendedor quanto para a sociedade.

A escassez de água potável no mundo é algo que preocupa a todos. Novas legislações e tecnologias têm sido estudadas para poder controlar o alto consumo. Por isso, o presente trabalho busca avaliar o desempenho da reciclagem do efluente dentro de uma empresa, mostrando a eficácia, os resultados obtidos em análises e a relevância dessa economia no meio sustentável. O estudo contribuirá com futuros trabalhos acadêmicos e possivelmente com projetos a serem desenvolvidos que buscam ter a mesma eficácia e economia no setor industrial.

## REVISÃO DE LITERATURA

### *Recursos Naturais*

É chamado de recurso natural tudo aquilo que provém da natureza e se faz necessário ao homem. Desde o princípio, a humanidade explora o que a natureza lhe oferece, a partir dessa afirmação, conclui-se que existe uma busca incessante para aproveitar os elementos naturais, isto é, extrair da natureza o que puder ser aproveitado e reutilizado para diversos fins (FREITAS, 2020).

Existem diferentes tipos de recursos naturais que podem ser extraídos, podendo ser classificados como recursos renováveis e os não-renováveis. Os recursos naturais renováveis são todos aqueles que retornam para seus níveis de estoque anteriores após sua exploração, seja pelo homem ou pelo próprio ambiente, diferente dos recursos naturais não-renováveis que, por sua vez, não são recolocados pelo homem e não são renovados pelo ambiente após sua exploração (BARBOSA, 2019).

Com o avanço industrial, existe a preocupação com o esgotamento destes recursos. Em diferentes cenários, é observado que a escassez já manifesta sinais de baixa produtividade, o que pode limitar sua exploração ou até mesmo possibilitar que novas tecnologias sejam criadas para reaproveitar o que antes era apenas descartado no ambiente (BARBOSA, 2019).

## ***Importância da Água***

A água é o principal recurso natural para a sobrevivência do homem e demais seres vivos do planeta, sendo um elemento fundamental para a biodiversidade dos ecossistemas e extremamente utilizada para inúmeras finalidades, seja simplesmente para o consumo até mesmo para a produção (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

Infelizmente este é um recurso natural que se encontra cada vez mais escasso, gerando uma preocupação muito grande para a população e fazendo com que haja limitações em sua utilização, principalmente em países subdesenvolvidos onde a tecnologia é precária e seu avanço ainda é baixo ou nulo (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Brasil concentra cerca de 12% da disponibilidade de água potável do planeta, entretanto, a distribuição deste recurso natural não é equilibrada, um exemplo disso é que na região Norte concentra-se 80% do volume total, mas apenas 5% da população brasileira pode desfrutar desta reserva, enquanto as regiões banhadas pelo oceano Atlântico abrigam mais de 45% da população para apenas 3% dos recursos hídricos.

## ***Reuso da Água***

A grande preocupação com a escassez da água potável resultou na valorização deste recurso como bem de consumo e, com isso, órgãos ambientais têm aplicado legislações mais rigorosas (SOUZA et al., 2017).

À medida que estes órgãos fiscalizam cada vez mais os consumos industriais, práticas como a reutilização da água são adotadas, com o objetivo de minimizar os gastos do efluente e, dessa forma melhorar a gestão deste recurso. No polo industrial, essa necessidade de minimizar o consumo da água potável e o descarte de efluentes tem se ganhado cada vez mais espaço com o passar dos anos (COSTA, 2019 apud. OENNING JUNIOR, 2006).

Ainda de acordo com os autores, o uso consciente da água e seu reuso, há muito já vem sendo discutido em reuniões de Estados e, em 1973, a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou um documento onde são classificados os tipos de reuso, de acordo com seus fins:

- Reuso direto: uso planejado e deliberado de esgotos tratados com o propósito de fazer recarga de aquíferos, irrigação, uso industrial e água potável.
- Reuso indireto: acontece quando a água já utilizada uma ou mais vezes para o uso doméstico ou industrial é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída.
- Reciclagem: esta é a definição dada quando o reuso se faz dentro das instalações industriais, tendo como principal objetivo a economia de água e o controle da poluição.

### ***Indústria Têxtil no Brasil***

O Brasil se destaca neste setor, uma vez que é considerado a maior cadeia têxtil completa do ocidente, com um faturamento estimado em mais de 130 bilhões de dólares nos últimos três anos (ABIT, 2019).

Entretanto, o Brasil passou por um processo de transformação tecnológica por conta do desenvolvimento globalizado no setor têxtil, ainda que sofra uma invasão de produtos importados da Ásia, muitos de seus seguimentos da moda têm se evidenciado no mercado mundial (FUJITA; JORENTE, 2015).

A partir de dados obtidos referente ao ano de 2018, o setor têxtil produz uma quantidade superior a 1 milhão de toneladas por ano e emprega uma quantidade próxima a 10 milhões de pessoas no Brasil, sendo o 2º maior gerador de empregos do país, perdendo apenas para o setor alimentício (ABIT, 2019).

### ***Beneficiamento Têxtil***

Inicialmente as lavanderias faziam parte como uma etapa do processo de produção do jeans, que o transformava com aspectos de uma peça já usada. Para incluir esse novo etapa na produção, a primeira fase foi dividida em modelagem, corte e costura. O beneficiamento têxtil que acontece nas lavanderias de jeans, passa a fazer parte da segunda etapa do processo, este procedimento pode ocorrer diversas etapas para que seja possível obter peças com a aparência desejável. Atualmente, as lavanderias não são conhecidas somente como “lavanderia de jeans”, pois passaram a englobar diferentes tipos de tecidos e malhas. Passaram também a ser conhecidas como lavanderia têxtil ou lavanderia de beneficiamento têxtil (SILVA FILHO, 2013).

O processo de beneficiamento têxtil consome grandes quantidades de água e também é identificado como um grande poluidor de recursos hídricos e do solo, pela utilização de diferentes tipos de produtos químicos em suas diversas etapas. Essas substâncias são as principais causas da dificuldade do tratamento dos efluentes têxteis, pois geram efluentes de composição complexa devido ao uso de aditivos, ativadores, ácidos, corantes, entre outros elementos tóxicos (ARIKAN et al., 2019).

### ***Caracterização do Efluente Têxtil***

De acordo com Beltrame (2000), ter conhecimento sobre a origem de um efluente é essencial para o desenvolvimento do projeto e da operação de uma planta de tratamento, atentando-se para os parâmetros exigidos pela legislação vigente.

A caracterização do efluente têxtil é definida por duas etapas, sendo a primeira etapa direcionada ao levantamento de dados, realizado através da coleta de dados em histórico de produção, manuais de equipamentos e produtos químicos, acompanhamento dos funcionários,

entrevistas informais e observações no processo. A segunda etapa é dada após o levantamento dos dados obtidos, sendo feita a análise realizada nas amostras dos efluentes (FREITAS, 2020).

Essa caracterização dos efluentes é fundamental para identificar as cargas poluidoras e analisar a melhor maneira de tratar e reutilizar a água. Os efluentes de lavanderia têxtil contêm muitas impurezas como substâncias físicas, químicas e biológicas que são retiradas das peças e utilizadas em suas lavagens (CHAGAS, 2009).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Inicialmente, para delimitação do tema abordado, foi realizada uma revisão da literatura disponível na mídia e periódicos online. Concomitante a isso, o material colhido e relatado no presente estudo de caso foi disponibilizado pela indústria têxtil L'orsa Jeans, situada na cidade de Avaré, no interior do estado de São Paulo.

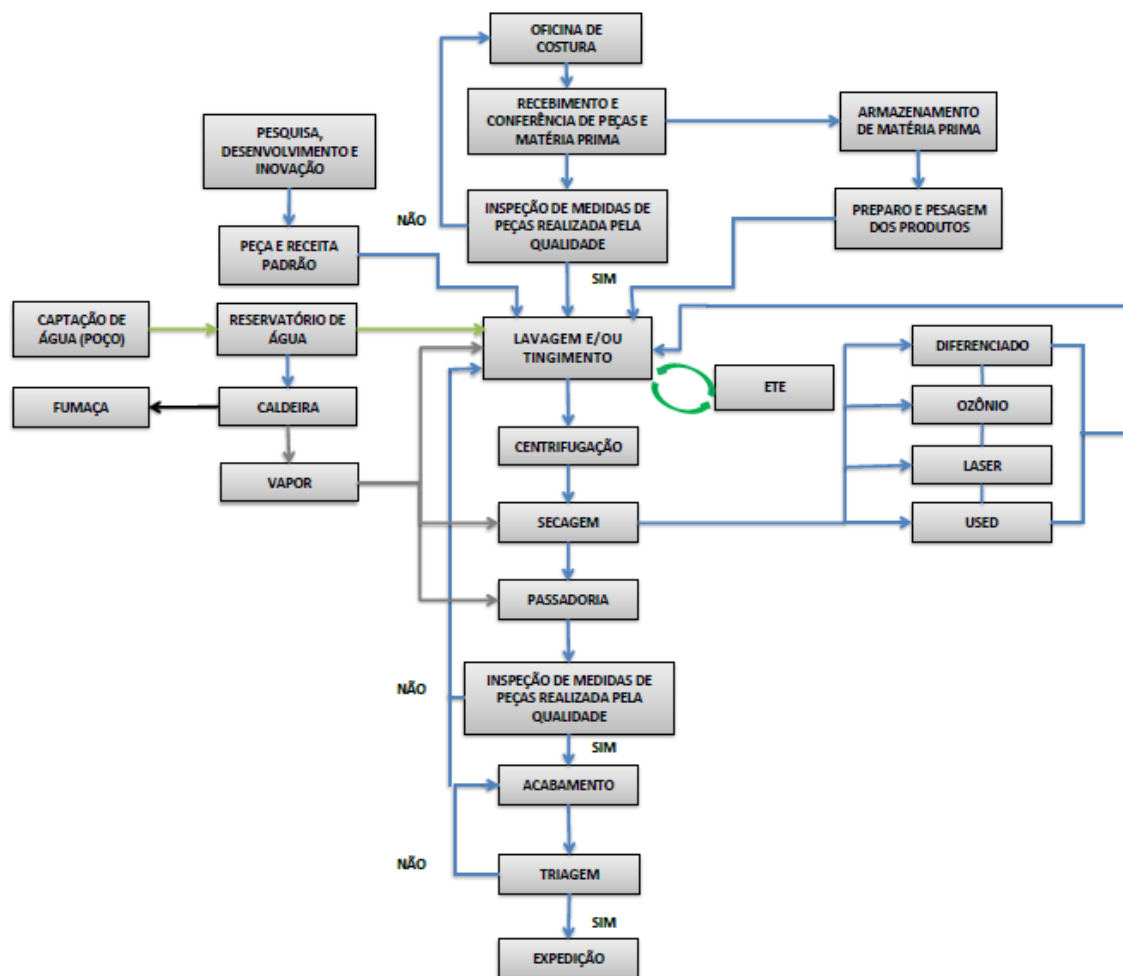
Para obter os resultados, primeiramente foi feito um diagnóstico no processo de produção e um diagnóstico da estação de tratamento de efluentes, caldeira e captação de água (poço) de acordo com o fluxograma (Figura 1) total da empresa.

A partir do diagnóstico, os dados puderam ser obtidos para que os seguintes cálculos pudessem ser realizados:

- Perda de água na secadora para o ambiente
- Porcentagem da água reutilizada por dia
- Volume de água de reuso utilizada
- Volume de efluente gerado
- Volume de água limpa utilizada
- Quantidade de água utilizada em diferentes etapas do processo

Por fim, através dos dados obtidos da realização dos cálculos e do diagnóstico, foi possível observar a importância da reutilização da água e a quantidade de água limpa economizada.

Figura 1 - Fluxograma do processo



Fonte: Elaborado pelo autor

## RESULTADOS

Os resultados foram divididos em duas etapas: diagnóstico do processo e os cálculos de reuso, água limpa e descarte.

### DIAGNÓSTICO DO PROCESSO

#### Processos de lavagem

Os processos de lavagem são descritos no procedimento operacional padrão e tem como objetivo A aparência desejada a peça. Podem ser divididos em: alvejamento, amaciado, marmorizado, neutralização, redução; *sky*, *stone*, *super stone* e tingimento. O tempo de processo e a



temperatura da água varia de acordo com o padrão a ser seguido, sendo especificado no procedimento operacional padrão.

### **Alvejamento**

No alvejamento, é onde todas as impurezas do tecido que lhe dá o aspecto de envelhecido e para clarear a peça. Nesse processo, utilizam-se três produtos auxiliares na lavagem: antimigrante que impede que o corante migre para as partes mais claras da peça, o alvejante atuando como um agente de limpeza e peróxido de hidrogênio que age como um oxidante. O alvejamento pode ocorrer como uma redução da oxidação química.

### **Amaciado**

O amaciado é uma lavagem que tem como propósito apenas amaciar a peça, conservando a cor original do tecido. São utilizados dois produtos químicos: antimigrante que impede que o corante migre para as partes mais claras da peça como bolsos e forros e o deslizante que opera quebrando a fibra do tecido, deixando-o mais flexível.

### **Marmorizado**

O objetivo da lavagem marmorizado é dar a aparência de branco ou envelhecido a peça, destacando as áreas próximas às costuras. O procedimento é realizado com o uso de produtos abrasivos, como pó abrasivo ou argila para dar desgaste a peça, permanganato de potássio ou hipoclorito de sódio que agem como descolorantes e ativador, atuando como um acelerador para o processo de descoloração.

### **Neutralização**

Lavagem realizada depois dos processos que utilizam permanganato de potássio e hipoclorito de sódio, como *used*, marmorizado, redução e *sky*, para sua neutralização. E como auxiliar químico, é utilizado um neutralizador.

### **Redução**

Essa técnica é utilizada para obter o clareamento da peça, deixando-a num tom claro e/ou acinzentado. São utilizados como agentes de clareamento hipoclorito de sódio ou permanganato de potássio mais ativador. A escolha de qual melhor redutor utilizar é feita de acordo com a composição do tecido.

## ***Sky***

O processo de *sky* é realizado inicialmente com tecidos auxiliares que são nebulizados com hipoclorito de sódio ou permanganato de potássio mais ativador de processo como agentes de clareamento, são escolhidos de acordo com a composição do tecido. Após a nebulização, as peças são colocadas na lavadora junto com os tecidos auxiliares.

## ***Stone***

Lavagem que tem como objetivo dar o aspecto de desgaste a peça, sendo ele mais intenso na região da costura, bolsos e cós. Os auxiliares químicos para essa lavagem são: antimigrante que impede que o corante migre para as partes mais claras da peça como bolsos e forros e o deslizante que opera quebrando a fibra do tecido, deixando-o mais flexível, enzima neutra que provoca o desgaste no tecido e em alguns casos quando precisa ser obtido a peça com o desgaste maior, é utilizado substâncias abrasivas.

## ***Super Stone***

O que diferencia a lavagem *stone* da *super stone* é o tempo em que as peças permanecem no banho, sendo o *super stone* um tempo superior ao *stone*.

## ***Tingimento***

O tingimento é a etapa que dá coloração a peça. Inicia-se com a preparação do banho, onde é utilizado detergente, que faz a limpeza nas peças, deslizantes que auxilia na quebra da fibra e de um alcalinizante corrigindo pH. Para a etapa de tingimento, é utilizado dispersante cujo objetivo é retirar as impurezas das peças permitindo o corante de agir, deslizante para a quebra da fibra e sal, abrindo a fibra para que ocorra a penetração do corante, corante da cor desejada, e barrilha para a fixação da cor. A etapa de finalização é o ensaboamento para retirar todo o excesso de produtos químicos envolvidos no processo de tingimento.

## ***Processo a seco***

Processos que são realizados sem a utilização de água. Sendo eles: diferenciado, puído, rebolos, lixado, laser, pinagem, ozônio e *used*.

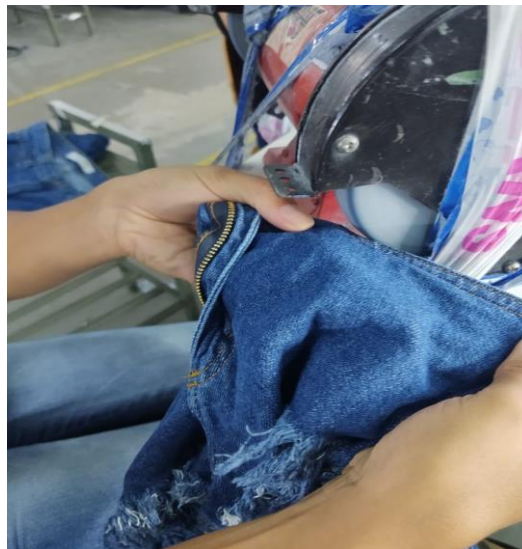
## ***Diferenciado***

No setor diferenciado, é realizado diferentes tratamentos na peça, pré-estabelecidos no procedimento operacional padrão, podendo ser eles: puído, rebolo ou lixado.

### **Puído**

Desgaste em locais específicos da peça como barras e bolsos (Figura 2). Tendo como resultado o efeito de desfiado. O procedimento é realizado por um operador através de uma máquina de alta rotação com uma pedra na extremidade.

Figura 2 - Puído



Fonte: Elaborado pelo autor

### ***Rebolos***

Processo que se assemelha ao puído, porém o efeito é de rasgos produzidos propositalmente (Figura 3) e pré-marcados na peça pela máquina de laser.

Figura 3 - Rebolo

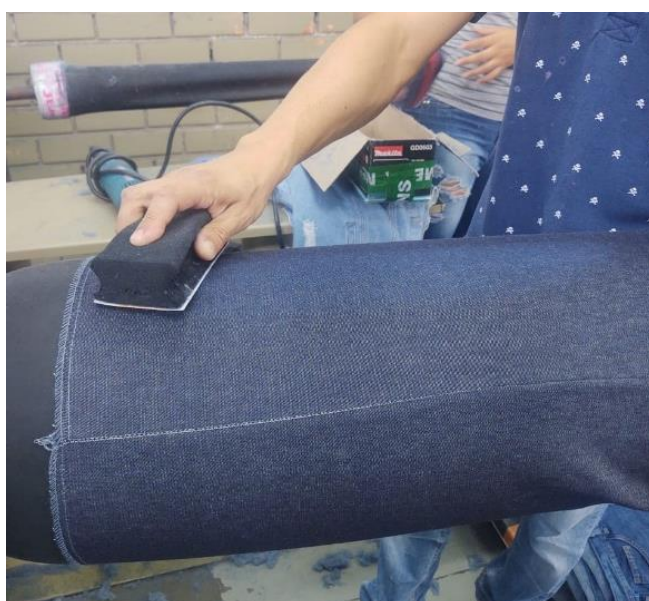


Fonte: Elaborado pelo autor

### ***Lixado***

Procedimento cujo a principal finalidade é causar o efeito de desgaste e amaciamento na peça. É realizado por operação manual através do método de abrasão com lixas (Figura 4).

Figura 4 - Lixado

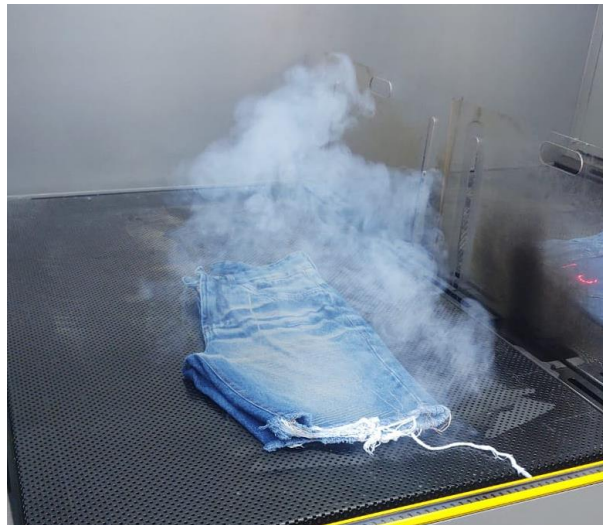


Fonte: Elaborado pelo autor

### ***Laser***

Técnica que utiliza raios de laser para realizar a marcação nas peças (Figura 5). A máquina de laser é capaz de dar a peça diferentes efeitos, como redução, bigodes, marcações para rebolo e o rebolo já finalizado.

Figura 5 - Laser



Fonte: Elaborado pelo autor

### ***Pinagem***

Quando as peças precisam obter alguma marcação no processo causada pela existência de pinos, a aplicação de pinos acontece como primeira etapa do processo. O procedimento é realizado por um operador em uma máquina específica, conforme demonstrado na figura 5.

Figura 6 - Pinagem



Fonte: Elaborado pelo autor

### **Ozônio**

Etapa na qual as peças passam na fase de finalização. O seu efeito é o clareamento na peça, sem a utilização de produtos químicos e água. O procedimento é realizado por uma máquina (Figura 7) que injeta ozônio em seu interior e opera em sistema de rotação, semelhante as lavadoras.

Figura 7 - Máquina de ozônio



Fonte: Elaborado pelo autor

### **Used**

Processo onde ocorre clareamento da peça total ou parcial através de jateamento permanganato de potássio (Figura 8) que atua como descolorante e ativador de processo cujas concentrações variam do percentual de clareamento que se deseja obter. Posteriormente, as peças devem passar pela lavagem de neutralização do permanganato de potássio e enxágue.

Figura 8 - Used



Fonte: Elaborado pelo autor

### **PROCEDIMENTO**

A empresa possui um departamento de pesquisa, desenvolvimento e inovação onde as peças são devolvidas e conforme a aceitação do cliente, serão produzidas em larga escala. A partir da peça modelo para o lote exigido, é elaborado um procedimento operacional padrão (POP) que deverá ser seguido na produção.

O processo de lavagem inicia-se com o recebimento e a checagem das peças a serem utilizadas, conferindo a quantidade e o lote de acordo com o pedido do cliente. A inspeção das medidas das peças é realizada pelo controle de qualidade da indústria, onde é analisado a adequação do padrão e, conforme autorização, avançam para a próxima etapa, caso contrário as peças retornam para a oficina de costura.

Para ser calculada a quantidade de água a ser utilizada na lavadora da marca Suzuki, com capacidade para 350kg (Figura 9) ou na lavadora da marca Tonello, cujo a capacidade é de 420kg (Figura 10), é necessária a obtenção do peso médio das peças, que é calculado pelo processo de pesagem através de uma balança digital com capacidade para até 10kg, da marca Util. A proporção

do banho pode variar entre 5 a 10 litros de água para cada 1kg de roupa, dependendo da quantidade de peças, quantidade de produtos auxiliares utilizados e composição do tecido.

Figura 9 - Lavadora Suzuki 350kg



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 10 - Lavadora Tonello 420kg



Fonte: Elaborado pelo autor

Nos lotes numerosos, é dividido em partes para que o peso esteja de acordo com a capacidade suportada pela lavadora. A divisão do número de peças que será lavada por máquina é feita pela seguinte fórmula (Equação 1 e 2):

$$\text{Quantidade em Kg de peças} = \frac{(\text{capacidade da lavadora} \times 25)}{100} \quad (1)$$

$$\text{Número de peças por lavadora} = \frac{\text{quantidade em Kg de peças}}{\text{peso médio das peças do lote}} \quad (2)$$



Quando indicado no procedimento operacional padrão a existência de pinos, primeiramente as peças passam pelo setor do diferenciado para o processo de pinagem.

A partir dos dados obtidos através da pesagem e divisão do lote, se necessário, as peças serão colocadas na lavadora Suzuki capacidade 350kg ou Tonello capacidade 420kg. A lavadora é programada de acordo com o POP, podendo variar de acordo com o tempo, número de enxágues e quantidade de água a ser utilizada, podendo variar entre água proveniente do poço artesiano ou água de reuso da estação de tratamento de efluentes (ETE).

Quando o POP indicar outro processo de lavagem, sendo necessário que nesta etapa as peças estejam secas (Sky, laser ou ozônio), é preciso que passem pela centrifugação e secagem. Com as peças secas, é possível realizar a próxima lavagem ou procedimento a seco, onde a etapa seguinte será reprogramada na lavadora Suzuki capacidade 350kg ou Tonello capacidade 420kg, ou levada para o laser ou para o ozônio. Na hipótese onde a peça possa ser trabalhada úmida, a lavadora será imediatamente reprogramada para a próxima fase.

Se o próximo passo for o processo de laser, *used* ou diferenciado, posteriormente as peças voltarão para a lavadora para o processo de alveijamento ou neutralização/enxágue.

Toda a água utilizada nos processos de lavagem é direcionada à estação de tratamento de efluentes onde passa pelas operações unitárias físicas, químicas e biológicas. Assim, já tratada, podendo retornar as lavagens como água de reuso.

Após passarem por todas as etapas recomendados no POP, as peças serão centrifugadas na centrifugas LavNox capacidade 150kg (figura 11) e secas nas secadoras Suzuki capacidade 200kg (figura x). Havendo a necessidade da finalização no ozônio, este se dá como processo final na lavanderia, seguindo para a passadoria e acabamento.

Figura 11 - Centrífuga LavNox 150kg



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 12 - Secadora Suzuki



Fonte: Elaborado pelo autor

## ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Após ser utilizada na lavagem das peças, a água é destinada a estação de tratamento de efluentes para que possa ser reutilizada no processo de lavagem. Inicialmente, a água bruta passa pelo peneiramento (figura 13) onde é capturada os resíduos mais volumosos e espessos.

Figura 13 - Peneira



Fonte: Elaborado pelo autor

A etapa seguinte deste tratamento, está localizada no tanque de equalização (Figura 14), fase em que o efluente é homogeneizado para facilitar o tratamento nos próximos passos a serem seguidos, além de regularizar o sistema hidráulico, busca diminuir a carga orgânica para que o efluente parta para o tanque de aeração sem causar toxidade no meio microbiológico da próxima etapa.

Figura 14 - Tanque de equalização



Fonte: Elaborado pelo autor

Quando o efluente homogêneo passa para o tanque de aeração (figura 15), também chamado como tratamento biológico, ele é oxigenado através de difusores que ficam submersos no fluido,

assim injetam oxigênio nas profundezas do tanque, evitando que o lodo se solidifique no fundo do tanque e, ainda o oxigênio auxilia no crescimento dos microrganismos presentes, sendo estes que absorvem as substâncias suspensas no tanque, estes microrganismos também são conhecidos como lodo ativado.

Figura 15 - Tanque de aeração



Fonte: Elaborado pelo autor

O próximo passo é o decantador (figura 16), é nesta etapa que ocorre a decantação dos sedimentos presentes que estão em suspensão no tanque.

O lodo que fica assentado no fundo do decantador é retirado por uma bomba piranha que conduz parte do resíduo para ser depositado em um cilindro de armazenamento e posteriormente é dirigido para o filtro prensa, onde é retirado com baixo teor de umidade e encaminhado para uma empresa especializada.

A outra parte desse lodo é levado novamente para o tanque de equalização.

Figura 16 - Decantador



Fonte: Elaborado pelo autor

Posteriormente, o efluente vai para o tratamento físico-químico (figura 17) onde são adicionados produtos químicos como: policloreto de alumínio, *Newco Coag* da marca Golden para a floculação e polímero PO 05 da marca Golden para decantação do restante do lodo presente no fluido.

Além de Hipoclorito de sódio da marca Arpoli para clareamento e retirada de odor, e soda caustica 50% da marca Arpoli para a regularização do pH, que seu ideal é entre 6,0 e 8,0.

Figura 17 - Tanque de tratamento físico-químico



Fonte: Elaborado pelo autor

As quantidades de produtos a serem ministrados no processo físico-químico são obtidas através de testes feitos em um Jar Test modelo Baldor da marca Industrial motor (figura 18), que simula uma estação de tratamento de efluentes, podendo assim, determinar as quantidades de produtos necessárias para a retirada total de resíduos do efluente.

Figura 18 - Jar test Baldor



Fonte: Elaborado pelo autor

Depois de todas as etapas do tratamento, a água segue para o tanque de armazenamento de água tratada (figura 19), com as características ideais e de acordo com a legislação para ser reutilizada na lavanderia e, se necessário, para serem descartadas em redes de esgoto.

Figura 19 - Tanque de armazenamento de água tratada



Fonte: Elaborado pelo autor

### **CÁLCULO REUSO, ÁGUA LIMPA E DESCARTE**

Para determinar a porcentagem de água reutilizada diariamente, é realizada a leitura dos hidrômetros de água bruta, e de dois hidrômetros que marcam a quantidade de água reciclada que volta para o processo de produção da lavanderia. A leitura dos hidrômetros é realizada sempre no mesmo horário para obter a margem de água gasta nas últimas 24 horas.

Além dessas leituras, é necessário calcular a quantidade de água perdida para o ambiente através da evaporação nas secadoras.

Para obter a quantidade de umidade perdida para o ambiente, foi realizada a análise da diferença de peso da peça quando ela deixa a centrífuga e depois quando ela é retirada do secador.

Este processo (Tabela 1) foi realizado com 10 peças de modelos diferentes para obter uma média. As peças foram pesadas em uma balança digital com capacidade de 10 quilogramas da marca Util.

Tabela 1 - Água perdida por evaporação para o ambiente.

Peças	Peso antes da secadora (Kg)	Peso após a secadora (Kg)	Peso antes da secadora - peso após a secadora (Kg)
Calça feminina	0,724	0,475	0,249
Jaqueta masculina	1,338	0,945	0,393
Bermuda masculina	0,528	0,396	0,131
Short feminino	0,575	0,367	0,208
Blusa feminino	0,338	0,235	0,103
Camisa feminina	0,388	0,189	0,199
Bermuda infantil masculina	0,406	0,290	0,116
Short infantil feminino	0,366	0,242	0,124
Calça infantil feminina	0,755	0,458	0,297
Jaqueta feminina	0,799	0,509	0,290

Fonte: Elaborado pelo autor

A média obtida do peso antes da secadora – após a secadora foi de: 0,203Kg. Após encontrar a média de umidade perdida por peça e feita a leitura dos hidrômetros, é necessário encontrar o volume de água perdido no secador para o ambiente. O volume pode ser encontrado pela fórmula a seguir (Equação 3):

$$\textit{perda no secador para o ambiente} = \textit{número de peças secas} \times 0,203\textit{kg} \quad (3)$$

Após encontrar o volume de água perdido no secador para o ambiente, a porcentagem diária de água reutilizada na lavanderia é obtida através da equação 4 a seguir:

$$\% \textit{ água reutilizada} = \frac{(H \textit{ reuso}) + (\textit{perda no secador})}{H \textit{ bruta}} \quad (4)$$

Onde:

H reuso = leitura do hidrômetro da água de reuso do dia – leitura hidrômetro da água de reuso do dia anterior.

H bruta = leitura do hidrômetro da água bruta do dia – leitura hidrômetro da água bruta do dia anterior.

Perda no secador = perda no secador para o ambiente.

Quando a lavagem ou tingimento são realizadas em tecidos de coloração clara, é necessário fazer o uso de água limpa provinda do poço artesiano, pois a água reciclada pode apresentar colorações distintas, devido aos corantes utilizados em lavagens anteriores, sendo estes de difícil remoção na estação de tratamento de efluentes, podendo causar manchas as peças.

A água limpa é utilizada na lavanderia para realizar as lavagens e para abastecer a caldeira, na geração de vapor. A quantidade de água limpa utilizada por dia na lavanderia é obtida pela equação 5:

$$Val = (H \text{ poço}) - V \text{ caldeira} \quad (5)$$

Onde:

Val = volume de água limpa.

H poço = leitura do hidrômetro do poço do dia – leitura hidrômetro da água do poço do dia anterior.

V caldeira = quantidade de água utilizada pela caldeira.

Para encontrar o volume da caldeira é utilizada a equação 6:

$$V \text{ caldeira} = t \times 3,5m^3 \quad (6)$$

Onde:

t = tempo em horas que a caldeira opera para abastecer a produção.

3,5 m<sup>3</sup> = quantidade de água do poço que a caldeira consome por hora para geração de vapor.

O descarte de água para a rede de esgoto é feito após a água bruta ser tratada na estação de tratamento de efluentes. Ele ocorre quando a ETE atinge sua capacidade de volume, isso acontece quando é utilizado um grande volume de água limpa para as lavagens e tingimento de peças claras, e junto com a água de reuso ultrapassam o limite de capacidade. O cálculo de quantidade de água descartada é realizado pela equação 7:



$$Vd = (H \text{ reuso} + Val) - \text{perda secador} - H \text{ bruta} \quad (7)$$

Onde:

Vd = volume de descarte.

Val = volume de água limpa

H bruta = leitura do hidrômetro da água bruta do dia – leitura hidrômetro da água bruta do dia anterior.

## RESULTADOS

O estudo de caso foi realizado entre os dias 28/09 e 02/10 de 2020. Foi realizado o registro dos recursos hídricos e analisado a quantidade de peças que passaram pela lavanderia nos respectivos dias. Ambas as informações são necessárias para os cálculos de reuso, água limpa utilizada e quantidade de água descartada para a rede de esgoto.

Primeiramente foi registrado o volume da perda de água do secador para o ambiente (Tabela 2).

Tabela 2 – Água evaporada no secador (m<sup>3</sup>).

<b>Dia</b>	<b>Quantidade de peças</b>	<b><i>Volume de água evaporada no secador</i></b>
28/09/2020	27.624	5,607
29/09/2020	26.993	5,479
30/09/2020	34.940	7,093
01/10/2020	22.221	4,511
02/10/2020	19.938	4,047

Fonte: Elaborado pelo autor

Após obter a quantidade de água perdida para o ambiente pelo secador, foi registrada a quantidade de água utilizada através da leitura dos hidrômetros (Tabela 3).

Tabela 3 – Leitura dos hidrômetros (m<sup>3</sup>).

<b>Dia</b>	<b>Leitura hidrômetro reuso</b>	<b>Água utilizada (H reuso)</b>	<b>Leitura hidrômetro Bruta</b>	<b>Água utilizada (H bruta)</b>
28/09/2020	156.979,000	543,000	273.771,853	590,605
29/09/2020	157.522,000	670,000	274.362,458	763,627
30/09/2020	158.192,000	651,000	275.126,085	733,974
01/10/2020	158.843,000	658,000	275.860,059	715,556
02/10/2020	159.501,000	544,000	276.575,615	589,684
03/10/2020	160.045,000		277.165,299	

Fonte: Elaborado pelo autor

Possuindo todos os dados necessários, foi possível encontrar a porcentagem de água reutilizada (Tabela 4).

Tabela 4 – Porcentagem da água reutilizada por dia.

<b>Dia</b>	<b>% de água reutilizada</b>
28/09/2020	92%
29/09/2020	89%
30/09/2020	94%
01/10/2020	92%
02/10/2020	93%

Fonte: Elaborado pelo autor

Para calcular a quantidade de água limpa utilizada na lavanderia, foi calculado o volume de água utilizada na caldeira (Equação 8). Como a caldeira operou em tempo integral todos os dias da análise, pode-se obter o mesmo volume para todos os dias.

$$V_{caldeira} = 24 \times 3,5m^3 \quad (8)$$

$$V_{caldeira} = 84 m^3$$

Foi necessário também o volume de água utilizada do poço, registrada pela leitura dos hidrômetros (Tabela 5 e 6).

Tabela 5 – Volume de água utilizada no poço (m<sup>3</sup>) (H poço).

<b>Dia</b>	<b>Leitura do hidrômetro poço</b>	<b>H poço</b>
28/09/2020	56.111,900	225,600
29/09/2020	56.337,500	221,300
30/09/2020	56.558,800	215,400
01/10/2020	56.774,200	233,100
02/10/2020	57.007,300	213,100
03/10/2020	57.220,400	

Fonte: Elaborado pelo autor

Então:

Tabela 6 – Volume de água limpa utilizada (m<sup>3</sup>) (Val).

<b>Dia</b>	<b><i>Volume de água limpa</i></b>
28/09/2020	141,6
29/09/2020	137,3
30/09/2020	131,4
01/10/2020	149,1
02/10/2020	129,1

Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida, foi obtido o volume de água descartada para a rede de esgoto (Tabela 7).

Tabela 7 – Volume de descarte (m<sup>3</sup>) (Vd).

<b>Dia</b>	<b><i>Volume de descarte</i></b>
28/09/2020	88,388
29/09/2020	38,194
30/09/2020	41,333
01/10/2020	57,033
02/10/2020	79,369

Fonte: Elaborado pelo autor

Após os recursos hídricos serem analisados, foi realizado um comparativo para avaliar o gasto de água fazendo a reciclagem do efluente. O estudo foi realizado em diferentes peças seguindo seu procedimento operacional padrão, como visto a seguir:

- **Shorts feminino adulto**

O total do corte continha 834 peças e o peso médio por peça foi de 0,414kg. Portanto, o peso total do corte era de 345,276kg e o lote foi dividido em quatro, atingindo aproximadamente 25% da capacidade da lavadora Suzuki 350 kg.

A quantidade de água utilizada em cada etapa do processo está representada na tabela 8 a seguir:

Tabela 8 - Quantidades de água utilizada nos processos realizados no shorts feminino adulto.

<b>Processo</b>	<b>Água reciclada utilizada (Litros)</b>
Stone	400
Enxágue	400
Centrifuga	-
Secadora	-
Sky	25
Enxágue	700
Neutralização	700
Enxague	700
Alvejamento	700
Enxágue	700
Enxágue	700
Centrifuga	-
Secadora	-
<b>Total</b>	<b>5.025</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Foi gasto 5.025 litros por lavagem, multiplicando por quatro repetições necessárias para lavar o total do corte, foi obtido o valor de 20.100 litros de água reciclada.

- **Camisa feminina.**

O lote continha 660 peças no total e seu peso médio por peça era de 0,132kg. O peso total do corte foi de 87,120kg, ou seja, apenas uma máquina foi suficiente para realizar a lavagem completa do lote na lavadora Tonello 420 kg.

A quantidade de água utilizada em cada etapa do processo está representada na tabela 9 a seguir:

Tabela 9 - Quantidades de água utilizada nos processos realizados na camisa feminina.

Processo	Água reciclada utilizada (Litros)
Amaciado (1ª etapa)	870
Enxágue	870
Amaciado (2ª etapa)	870
Enxágue	870
<b>Total</b>	<b>3.480</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Foi utilizado 3.480 litros de água reciclada para lavagem do corte.

- **Bermuda masculina infantil.**

O peso total do lote era de 240,700 kg divididos em 830 peças. O peso médio de cada peça foi de 0,290 kg, assim o lote foi dividido em 4 máquinas de 208 peças.

A quantidade de água utilizada em cada etapa do processo está representada na tabela 10 a seguir:

Tabela 10 - Quantidades de água utilizada nos processos realizados na bermuda masculina infantil.

<b>Procedimento operacional padrão</b>	<b>Água reciclada utilizada (Litros)</b>
Pino	-
Super Stone	400
Enxágue	400
Enxágue	400
Centrifuga	-
Secadora	-
Sky	25
Enxágue	700
Enxágue	700
Neutralização	
Enxágue	700
Enxágue	700
Centrifuga	-
Secadora	-
Laser	-
Alvejamento	700
Enxágue	700
Enxágue	700
Centrifuga	-
Secadora	-
<b>Total</b>	<b>6.125</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

A quantidade de água reciclável utilizada em 4 máquinas foi de 24.500 litros.

- **Calça feminina infantil.**

O peso total do lote era de 213,700 kg divididos em 430 peças. O peso médio de cada peça foi de 0,497 kg, assim o lote foi dividido em 2 máquinas de 215 peças.

A quantidade de água utilizada em cada etapa do processo está representada na tabela 11 a seguir:

Tabela 11 - Quantidades de água utilizada nos processos realizados na calça feminina infantil.

Procedimento operacional padrão	Água reciclada utilizada (Litros)
Pino	-
Stone	400
Enxágue	400
Enxágue	400
Centrifuga	-
Secadora	-
Used	-
Neutralização	700
Enxágue	700
Centrifuga	-
Secadora	-
Laser	-
Diferenciado	-
Alvejamento	700
Enxágue	700
Enxágue	700
Centrifuga	-
Secadora	-
<b>Total</b>	<b>4.700</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Foram utilizados 9.400 litros de água reciclada para processar 430 peças do corte.

- **Bermuda masculina adulta**

O corte da bermuda masculina adulto passou pelo procedimento de tingimento que é dividido em 3 etapas:

- Preparação das peças para o recebimento da cor;
- Tingimento;
- Ensaboamento para a retirada de resíduos.

Como as peças são claras, não foi possível realizar o procedimento com a água reciclada, portanto o procedimento foi realizado com a água limpa.

O corte continha 1.554 peças com média de 0,265 kg por peça, sendo assim peso total de 411,81 kg. O lote foi dividido em cinco máquinas de aproximadamente 82 kg cada.

A quantidade de água utilizada em cada etapa do processo está representada na tabela 12 a seguir:

Tabela 12 - Quantidades de água utilizada nos processos realizados na bermuda masculina adulta.

<b>Procedimento operacional padrão</b>	<b>Água limpa utilizada (Litros)</b>
Tingimento (preparação)	900
Enxágue	900
Tingimento (coloração)	900
Enxágue	900
Enxágue	900
Tingimento (ensaboamento)	900
Enxágue	900
Enxágue	900
Centrifuga	-
Secadora	-
<b>Total</b>	<b>7.200</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o tingimento foi utilizado 36.000 litros de água limpa.

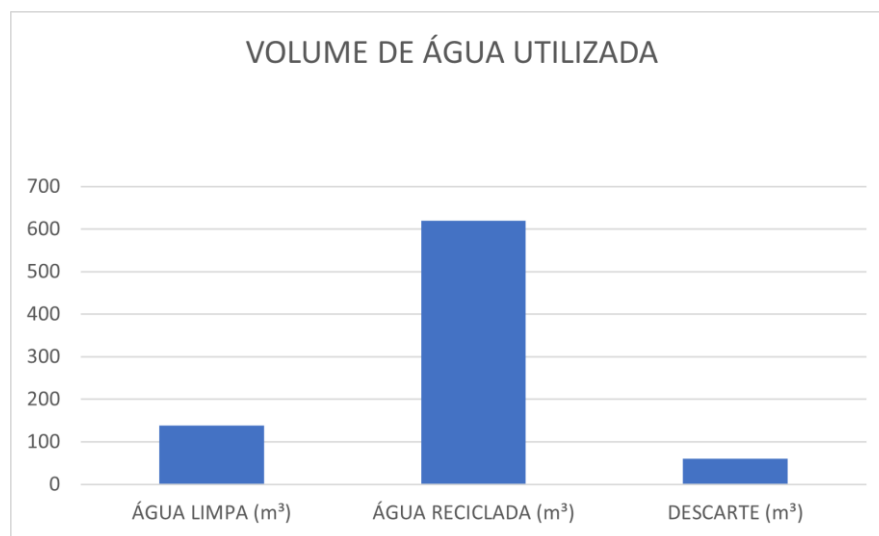


## CONCLUSÃO

Através do estudo realizado na empresa L'orsa Modas e confecções Ltda e realizando a análise estatística com os valores adquiridos, foi possível obter a porcentagem média de 92% de água utilizada por meio da reciclagem entre os dias 28 de setembro e 02 de outubro.

O volume de água utilizada na lavanderia foi em média 678,689 m<sup>3</sup> por dia, sendo 619,200 m<sup>3</sup> provindo de água de reuso e 137,700 m<sup>3</sup> da água do poço. Já o volume de descarte foi de aproximadamente 60,863 m<sup>3</sup> conforme demonstrado na figura 20.

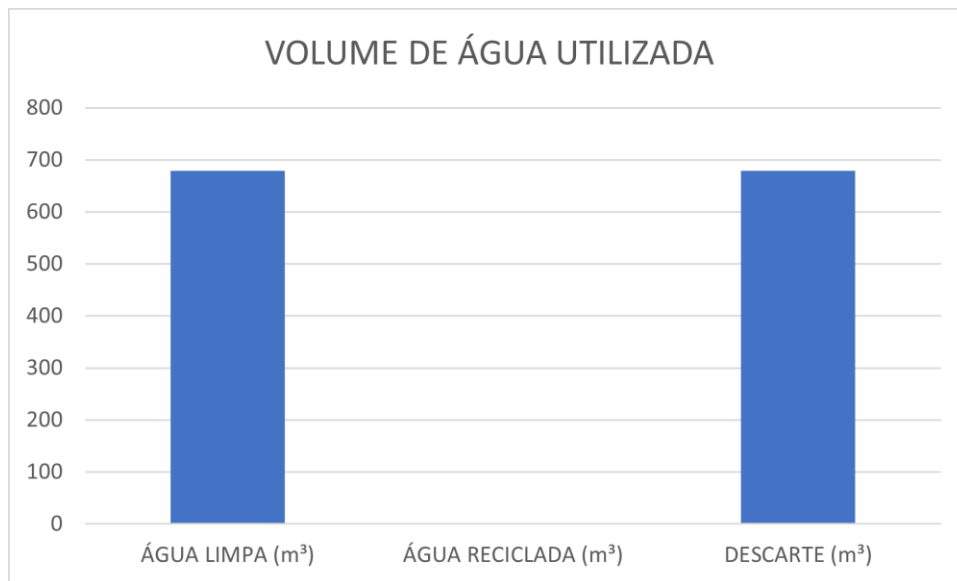
Figura 20 – Volume de água utilizada



Fonte: Elaborado pelo autor

Em dados comparativos diários, na hipótese de a reciclagem da água não fosse realizada, seria utilizado cerca de 540,989 m<sup>3</sup> a mais de água limpa a mais do que foi utilizado no processo de lavanderia, além de aumentar o volume de descarte em aproximadamente 10 vezes, como aparece demonstrado no gráfico da figura 21.

Figura 21 – Volume de água utilizada



Fonte: Elaborado pelo autor

Para os lotes analisados, foi possível observar em específico a quantidade de água utilizada para cada tipo de lavagem. Juntos eles somam 4.308 peças e foram utilizados um total de 93,480 m<sup>3</sup> de água reciclada para realizar as lavagens. Cerca de 21,70 litros de água por peça.

Conforme a revisão de literatura realizada, o método de utilização de água reciclada se mostra eficaz e ecologicamente sustentável, pois reduz significativamente o uso de água limpa e o descarte para rede de esgoto, reduzindo também os custos do processamento e gastos.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Quantidade de água. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>>. Acesso em 27 de setembro de 2020.

ARIKAN, E. B. et al. Investigation of immobilized filamentous fungi for treatment of real textile industry wastewater using up flow packed bed bioreactor. *Bioresource Technology Reports*, v. 7, p. 100-197, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TEXTIL E DE CONFECÇÃO. Perfil do Setor. Disponível em: <<https://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>>. Acesso em: 27 de setembro de 2020.

BARBIERI, J. C. Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. São Paulo: Saraiva, 2004.

BARBOSA, G. G. Recursos naturais renováveis e produção de energia. *Revista Política Hoje* – 1ª edição, v. 23, p. 193 – 215, 2019.

BELTRAME, L. T. C. Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento. Programa de pós-graduação em engenharia química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2000.

CHAGAS, M. A. Tratamento de efluente têxtil por processos físico-químico e biológico. Dissertação de mestrado. Universidade federal de Pernambuco, departamento de engenharia civil. Recife, 2009.

COSTA, F. N. Remoção de corante índigo remanescente no efluente têxtil da bioestonagem por adsorção com bentonita sódica comercial e avaliação do reúso da água. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Florianópolis, 2019.

DANTAS, D. L.; SALES, A. W. C. Aspectos ambientais, sociais e jurídicos do reúso da água. *Revista de gestão social e ambiental*. Fortaleza, CE, v. 3, n. 3, p. 4-19, set./dez. 2009.

FARIA, D. C. Reuso das correntes de efluentes aquosos em refinarias de petróleo. Universidade de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado. Florianópolis, 2004.

FERNANDES, A. K. S. Reuso de água no processamento de jeans na indústria têxtil. Universidade federal do Rio Grande do Norte. Centro de tecnologia – Programa de pós-graduação em engenharia sanitária. Natal, RN. 2010.

FREITAS, E. Os recursos naturais. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/os-recursos-naturais.htm>>. Acesso em: 27 de setembro de 2020.

FUJITA, M.; JORENTE, M. J. V. A indústria têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural.

HASSEMER, M. E.; SENS, M. L. Tratamento do Efluente de uma indústria têxtil. Processo físico-químico com ozônio e coagulação/floculação. *Engenharia sanitária e ambiental*. Rio de Janeiro, v. 7, n. 1 e 2, p. 30-60, abr./jun. 2002.

HEWSON, M. J. C. The requirements for waste water treatment in the textile industry. *Ecotextile'98: Sustainable development. Proceedings of the Conference*. Bolton, n. 7-8, p. 43-49, 1998.

MACHADO JUNIOR, O.; *et al.* Guia técnico ambiental da indústria têxtil. Fundação estadual do meio ambiente. Sistema FIEMG. 2014.

- MENEZES, J. C. Tratamento e reciclagem do efluente de uma lavanderia industrial. Escola de engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 2005.
- NUNES, J. A., Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais. 2. Ed., Gráfica Editora J. Andrade, Aracajú, 1996.
- OENNING JUNIOR, A. Avaliação de tecnologias avançadas para o reúso de água em indústria metal-mecânica. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- OLIVEIRA, A. H. P. Responsabilidade socioambiental e APL inovativo na indústria da confecção de Santa Catarina. Curitiba: Appris, 2015.
- OURA, M. M.; SOUZA, M. T. S. A evolução das tecnologias *end-of-pipe* às tecnologias limpas em indústria de equipamentos de torrefação de café. Foz do Iguaçu, PR, out. 2007.
- PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONCA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. *Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental*, vol. 4, n.3, p. 465-473, 2000.
- PORTO, A. E. B.; SCHOENHALS, M. Tratamento de efluentes, reúso de água e legislação aplicada em lavanderia têxtil industrial. *Engenharia ambiental. Espírito Santo do Pinhal*, v. 10, n. 2, p. 68-80, mar./abr. 2013.
- SILVA FILHO, A. Desenvolvimento de sistema simplificado de gestão ambiental aplicado à micro e pequenas empresas de beneficiamento de jeans. Tese (Doutorado em Engenharia civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.
- SOUZA, C. C.; *et al.* Eletrofloculação para o reúso da água na indústria têxtil. Recursos hídricos e saneamento. IX Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, XV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental e III Fórum Latino Americano de Engenharia e Sustentabilidade. Belo Horizonte, MG, 2017.
- SPERLING, M. V. Wastewater characteristics, treatment and disposal. Biological wastewater treatment series. Department of sanitary and environmental engineering federal university of Minas Gerais. v. 1, 2007.
- VELLANI, C. L; RIBEIRO, M. S. Sistema Contábil para Gestão da Ecoeficiência Empresarial. *Revista Contabilidade & Finanças*. v. 20, n. 49, p. 25-43, 2009.