



II-147 - AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE LAVAGEM “DESTROYER” UTILIZADO EM LAVANDERIA INDUSTRIAL DE JEANS NA CIDADE DE TORITAMA / PE

Ivaldo Vasconcelos Pedrosa⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE (1979), especialização em Tecnologia do Açúcar pela UFPE (1979), especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UFPE (1985), especialização em Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão da Manutenção pela UFPE (2004) e mestrado-profissionalizante em Tecnologia Ambiental pela Fundação Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco (2006).

Marta Maria Menezes Bezerra Duarte

Química Industrial pela UFPE (1991), Mestrado (1996) e Doutorado (2001) em Química pelo Departamento de Química Fundamental da UFPE. Área de atuação: química ambiental com orientação de dissertações e monografias na linha de controle e gestão ambiental, tratamento de efluente industrial e qualidade de água. Trabalhou 09 anos no Instituto de Tecnologia de Pernambuco - ITEP, dos quais, os últimos 04 anos coordenando o Laboratório de Qualidade de Água. Professora Adjunta da UFPE desde 06/09/2007.

Endereço⁽¹⁾: Rua Ademar Pires Travassos 345, casa 04 – Iputinga – Recife – Pernambuco – CEP 50670-060 – Brasil – Tel: +55 81 3453-2302 – e-mail: ivaldora@uol.com.br.

RESUMO

A rápida expansão do pólo de confecções de jeans do agreste pernambucano, após a década de 1970, tem resultado em forte degradação ambiental, particularmente dos recursos hídricos, devido ao descarte de efluentes líquidos das lavanderias industriais. Este estudo teve como objetivo avaliar o processo de lavagem “destroyer”, visando redução de custos com produtos químicos, consumo de água e geração de efluentes líquidos. Inicialmente, foi realizada uma simulação dos procedimentos utilizados no processo industrial, e em seguida oito ensaios alterando três variáveis, peso de roupa, concentrações de enzima e peróxido de hidrogênio, sendo avaliada a qualidade da lavagem e analisadas as respostas dos efeitos principais e suas interações. Os resultados demonstraram que a redução de 50% do quantitativo de peróxido de hidrogênio, para as condições dos ensaios, não traz prejuízo à qualidade final das peças beneficiadas e proporciona uma economia da ordem de 12% sobre o custo total de produtos químicos.

PALAVRAS-CHAVE: Lavanderia industrial, lavagem “destroyer”, Planejamento fatorial, Efluente líquido

INTRODUÇÃO

Por volta dos anos 1970, em decorrência da forte concorrência no segmento de confecções de malha, principalmente do vizinho município de Santa Cruz do Capibaribe, fez surgir na cidade de Toritama o pólo de confecções de “jeans”. Este município, o menor do estado, com 31 km² e população estimada atual de 26.116 habitantes (IBGE, 2006), é responsável pela produção de 14% do jeans consumido no mercado nacional e está situada na microrregião do Alto Capibaribe, no agreste pernambucano, distante de 167 km do Recife.

Este segmento produtivo, inserido no pólo de confecções do agreste pernambucano, tem como particularidade o beneficiamento das peças de “jeans” através de processos de lavagem e/ou tingimentos, que ocasionam sérios problemas ambientais, particularmente, os diretamente relacionados aos recursos hídricos locais.

Segundo Golob, Vinder e Simonis (2005) as indústrias de processamento têxtil, de uma forma geral, inclusive as lavanderias industriais de “jeans”, têm como característica principal o elevado consumo de água e de agentes químicos, resultando, por consequência, na geração de grandes volumes de efluentes líquidos com elevado potencial poluidor em decorrência das diferentes classes de corantes orgânicos e auxiliares químicos utilizados nos processos.

Os impactos ambientais causados por este arranjo produtivo, em especial sobre os recursos hídricos, são mais evidentes devido às condições climáticas da região, classificada como semi-árida, cuja característica é de baixa disponibilidade de água em decorrência da escassez de rios perenes (ASABRASIL, 2005).

Do ponto de vista ambiental, é de fundamental importância a adoção de medidas mitigadoras que venham assegurar o desenvolvimento sustentável da região, tendo em vista que as lavanderias industriais instaladas no município, em sua grande maioria, operam em condições técnicas que não condizem com a realidade atual no que se refere à forma de gestão, aos procedimentos operacionais, e em especial, à utilização dos recursos naturais.

Na lavanderia industrial tomada para estudo foram identificados, no período de setembro de 2004 a agosto de 2005, 52 diferentes processos utilizados, entre lavagens e tingimentos, sendo que deste total 4 processos se destacaram pela quantidade, em peso, de peças beneficiadas, totalizando 72,7%. Entre estes, temos o processo de lavagem “destroyer” com 23,7%.

A opção pelo processo de lavagem “destroyer”, ou simplesmente “processo de lavagem”, deveu-se não somente pelo fato de ser, em volume, o segundo processo mais utilizado pela lavanderia industrial estudo e pela maioria das empresas de beneficiamento de confecções de “jeans” da região, mas também, por envolver grande número de etapas. Além do mais, o “processo de lavagem”, relativamente aos demais processos, inclusive tingimento, utiliza maior consumo de água por peso de roupa seca.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o “processo de lavagem” utilizado pela lavanderia estudo, através de ensaios em escala piloto, a partir dos resultados finais obtidos sobre as peças beneficiadas para diferentes concentrações de aditivos de estonagem e alvejamento e diferentes relações de banho, com o propósito de encontrar alternativas de processo, sem prejuízo da qualidade da lavagem, visando à redução de custo e dos impactos ambientais.

O “processo de lavagem” utilizado pela lavanderia industrial em estudo possui nove etapas, incluindo a *desengomagem*, *estonagem*, *alvejamento*, *amacramento* e *enxágües* (Figura 1).

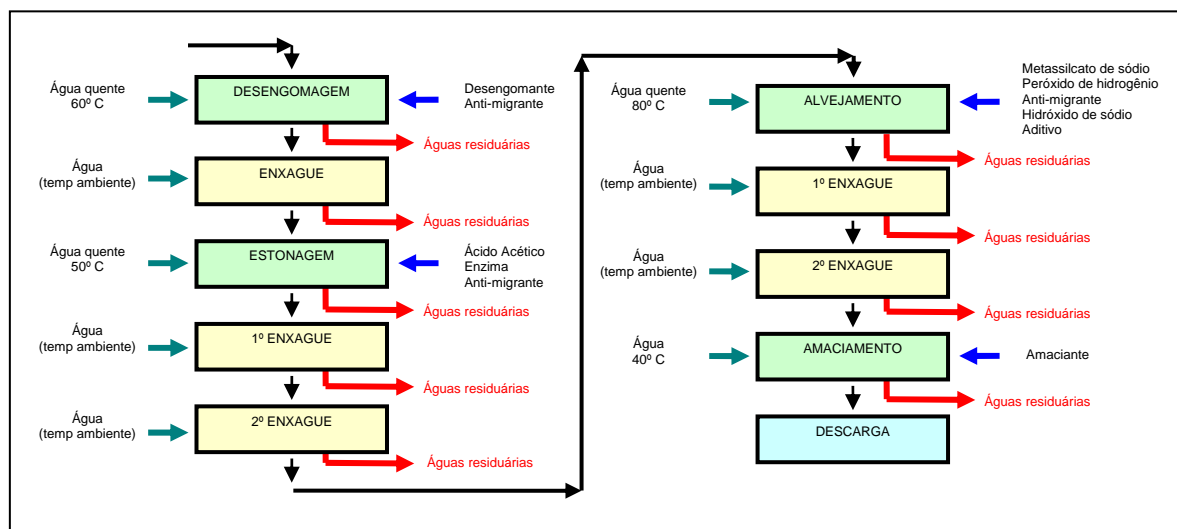


Figura 1: Fluxograma do “processo de lavagem” utilizado na lavanderia industrial estudo.

A *desengomagem* consiste na remoção das gomas aplicadas aos fios do tecido denim em seu processo de elaboração, com o auxílio da enzima amilase. A *estonagem* corresponde à etapa que caracteriza o “processo de lavagem”, uma vez que confere às peças o aspecto de desgaste e envelhecimento. Nesta etapa é utilizada a enzima celulase com o objetivo de promover o ataque às fibras do algodão, desgastando-as. O *alvejamento* melhora o aspecto visual destacando os fios brancos e azuis do tecido. Já, o *amacramento* tem como característica conferir às peças maciez e melhor sensação ao toque, tornando-as mais agradáveis.



MATERIAIS E MÉTODOS

Avaliação do “processo de lavagem”

Os ensaios foram realizados em máquina lavadora piloto (Figura 2A) com capacidade para 10 kg de roupa seca e características semelhantes às lavadoras industriais (Figura 2B). As operações de deságüe e secagem foram realizadas em máquinas industriais (Figura 2C e 2D).



Figura 2: A - Lavadora piloto; B - lavadora industrial; C - centrífuga industrial e D - secadora industrial.

A avaliação do “processo de lavagem” foi realizada a partir dos resultados dos efeitos sobre as peças lavadas, após ensaios, tomando-se como variáveis o peso da roupa lavada (P), segundo a capacidade nominal da máquina piloto, os percentuais de enzima (% E) utilizada na etapa de estonagem e de peróxido de hidrogênio (% H_2O_2) utilizado na etapa de alvejamento, sobre o peso de roupa lavada.

Os experimentos foram realizados segundo técnica de planejamento fatorial de dois níveis, classificada como um método simultâneo que permite saber se uma variável apresenta efeito positivo ou negativo quando passa de um nível para outro (EIRAS; ANDRADE, 1996 apud DUARTE, 2001).

Para avaliar as variâncias foi realizado um planejamento fatorial 2^3 utilizando 5 (cinco) e 10 (dez) quilogramas de roupa, que correspondem a 50% e 100% da capacidade nominal da máquina piloto utilizada. Para a *enzima* foram utilizadas concentrações de 0,75% e 1,0%, respectivamente, e para o *peróxido de hidrogênio*, sem seu uso e com concentração de 1,5%. Os ensaios foram realizados em ordem aleatória de forma a evitar distorções estatísticas nos resultados.

Foi realizado, também, um ensaio mantendo-se as concentrações de *enzima* e *peróxido de hidrogênio*, proporcionalmente ao peso de roupa, aplicados nas lavagens realizadas em escala industrial. Neste caso, estas concentrações foram de 1,0% e 3,0%, respectivamente (Tabela 1). A enzima utilizada foi enzima celulase ácida (pH de 4,5 a 5,5). Quanto ao peróxido de hidrogênio foi utilizado o peróxido comercial a uma concentração de 35% em H_2O_2 .

**Tabela 1: Níveis dos fatores escolhidos para o planejamento fatorial 2^3 e o ponto correspondente ao processo industrial.**

<i>FATORES</i>	<i>NÍVEIS</i>		<i>PROCESSO UTILIZADO NA LAVANDERIA</i>
Peróxido de hidrogênio (%)	sem	1,50	3,00
Enzima (%)	0,75	1,00	1,00
Peso de roupa (kg)	5	10	5

A quantidade de água utilizada em cada um dos ensaios foi mantida constante (volume total de água por ensaio igual a 460 litros), independentemente da quantidade de roupa utilizada no processo. O volume de água utilizado para maior relação de banho foi de 92 litros / kg de roupa seca. Sua procedência foi poço raso (< 20 metros) e suas características físicas e químicas foram determinadas segundo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* – SMEWW (APHA, 2005).

Os quantitativos dos demais produtos químicos e aditivos, bem como as temperaturas e tempos aplicados em cada etapa do processo, foram os mesmos utilizados nas lavagens em escala industrial, seguindo os procedimentos adotados pela lavanderia, conforme recomendações de fabricantes de equipamentos e fornecedores de produtos químicos.

O planejamento fatorial 2^3 utilizado para avaliação dos resultados em função dos fatores peróxido de hidrogênio, enzima e peso de roupa encontra-se na Tabela 2.

Para cada ensaio realizado foi tomada uma peça de roupa como amostra, coletada aleatoriamente após a centrifugação e secagem, para avaliação da qualidade da lavagem. Estas amostras foram numeradas de forma a serem identificadas sem que expusesse uma relação com os ensaios, evitando desta forma, qualquer inferência no momento da avaliação final.

Tabela 2: Planejamento fatorial 2^3 utilizado para estudo dos efeitos das concentrações do peróxido de hidrogênio, enzima e peso de roupa, após processo de lavagem.

<i>Ensaio</i>	<i>Data</i>	<i>Peróxido de hidrogênio %</i>	<i>Enzima %</i>	<i>Peso de roupa kg</i>
01	02/08/2005	0,00	0,75	5
02	26/07/2005	1,50	0,75	5
03	19/07/2005	0,00	1,00	5
04	12/07/2005	1,50	1,00	5
05	04/10/2005	0,00	0,75	10
06	27/09/2005	1,50	0,75	10
07	20/09/2005	0,00	1,00	10
08	13/09/2005	1,50	1,00	10
09	05/07/2005	3,00	1,00	5

O método de avaliação adotado foi o método empírico e teve como variáveis, o poder aquisitivo do consumidor, tendências da moda e, principalmente, o nível de aceitação do cliente que utiliza os serviços da lavanderia, ou seja, fabricantes e comerciantes das peças de “jeans”.



Com isto, para efeito de avaliação dos resultados obtidos sobre a qualidade das lavagens, foi realizada uma pesquisa de forma que os entrevistados atribuísem notas de 1 a 5 correspondentes aos conceitos *péssimo*, *ruim*, *regular*, *bom* e *ótimo*, respectivamente. A população entrevistada compreendeu o proprietário, supervisor de produção, operadores das máquinas lavadoras e um grupo de clientes tomados aleatoriamente dentro do universo que utiliza os serviços da lavanderia industrial.

Os parâmetros utilizados como indicadores de qualidade foram adotados após consenso e consulta aos funcionários e clientes da lavanderia industrial (Tabela 3).

Tabela 3: Parâmetros indicadores de qualidade utilizados na avaliação do “processo de lavagem”

INDICADOR	Efeitos observados sobre a peça beneficiada
DESBOTE	Efeito de descoramento e desgaste, principalmente, sobre as costuras, nós e bainha das peças, com redução da intensidade da coloração índigo do tecido, proporcionando o efeito de envelhecimento.
UNIFORMIDADE	Homogeneidade na cor, não observando o aparecimento de manchas.
ALVEJAMENTO	Maior vivacidade das cores branca e azul obtidas pela eliminação das impurezas pigmentares que proporcionam o amarelado, principalmente, sobre os fios brancos.
MACIEZ	Melhor sensação ao toque das peças, sem aspereza, deixando-as mais confortáveis para o uso.

Avaliação dos efluentes líquidos gerados nos ensaios.

Para cada ensaio foi coletada uma amostra do efluente líquido, composta por 09 (nove) alíquotas, tomada proporcionalmente aos volumes de água utilizada em cada etapa do processo. Ao término de cada ensaio estas amostras foram devidamente acondicionadas e encaminhadas ao Laboratório de Ensaio e Análises Inorgânicas – LEAI, da Associação Instituto Tecnológico de Pernambuco – ITEP OS, para posterior análise. As determinações foram realizadas segundo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* – SMEWW (APHA, 2005).

A avaliação dos resultados analíticos físicos e químicos dos efluentes líquidos gerados nos ensaios foi realizada tomando-se como referência o capítulo IV, que trata das condições e padrões de lançamento de efluentes, e do Art. 15, seção II do capítulo III, que trata das condições e padrões de qualidade de água para águas doce classe II, da Resolução CONAMA 357 / 05 (BRASIL, 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Avaliação do “processo de lavagem”

A Tabela 4 mostra o resumo dos resultados obtidos na aplicação do questionário de avaliação da qualidade das peças de roupa depois de submetidas ao “*processo de lavagem*”, através do percentual da soma das notas atribuídas a cada efeito.

Os resultados obtidos na pesquisa de qualidade mostram que o ensaio 09 (escala industrial) apresentou resultado menos satisfatório que os ensaios realizados com menor concentração de *peróxido de hidrogênio*, principalmente o ensaio 04. Com isso, nas condições do ensaio 04, tem-se uma economia de 50% de *peróxido de hidrogênio* na etapa de alveamento, sem comprometimento no nível de aceitação das peças beneficiadas.



Tabela 4: Resultado da pesquisa de qualidade das peças, após “processo de lavagem”.

Data	Ensaio	Percentual da soma das notas atribuídas aos resultados			
		Desboto	Uniformidade	Alveamento	Maciez
02/08/05	1	0,0	6,9	0,0	6,3
26/07/05	2	11,5	6,9	8,0	2,7
19/07/05	3	12,4	11,2	8,9	14,4
12/07/05	4	47,8	44,0	47,3	38,7
04/10/05	5	10,6	10,3	10,7	10,8
27/09/05	6	0,0	3,4	0,0	2,7
20/09/05	7	14,2	13,8	10,7	16,2
13/09/05	8	0,0	0,0	0,0	4,5
05/07/05	9	3,5	3,4	14,3	3,6

Os cálculos dos efeitos dos fatores e suas interações foram realizados segundo Barros Neto, Bruns e Scarmínio (1995) e os resultados encontram-se na Tabela 5.

Para os efeitos principais o percentual de *enzima* mostra-se mais significativo, tanto para o *desboto* como para a *uniformidade*, *alveamento* e *maciez*, em uma mesma ordem de grandeza. Por sua vez, o efeito da concentração de *peróxido de hidrogênio* sobre os indicadores de qualidade de lavagem mostra-se menos significativo, principalmente, no que se refere à *maciez* da roupa. Já o efeito *peso de roupa* apresenta resultado negativo sobre todos os indicadores, mostrando que uma redução de 50% na relação de banho é desfavorável, principalmente, com relação à interação com o *peróxido de hidrogênio*.

Para uma melhor análise das respostas dos efeitos sobre cada parâmetro indicador da qualidade de lavagem, os resultados foram representados através do cubo.

Tabela 5: Efeitos principais e de interação calculados para o planejamento fatorial 2³ para o desboto, uniformidade, alveamento e maciez para um nível de 95% de confiança.

EFEITOS	Desboto	Uniformidade	Alveamento	Maciez
Média	12,06	12,06	10,70	12,04
Efeitos principais:				
1 – % de H ₂ O ₂	5,52	3,02	6,25	0,22
2 – % da enzima	13,07	10,37	12,05	12,82
3 – peso de roupa (kg)	-11,72	-10,37	-10,70	-6,98
Interação de dois fatores:				
12	5,07	6,47	7,60	6,08
13	-17,93	-13,37	-16,95	-10,13
23	-11,62	-10,32	-12,05	-9,23
Interação de três fatores:				
123	-6,87	-9,92	-7,60	-7,88

Primeiramente, para o *desboto*, os efeitos principais, % de *enzima* e % de *peróxido de hidrogênio* e a interação “12” apresentaram respostas positivas, com destaque para % de *enzima*, embora seus efeitos não sejam expressivos. Para o efeito *peso de roupa* e as interações “13”, “23” e “123” apresentam resultados negativos (Tabela 05).



Para uma maior relação de banho o resultado obtido foi, na média, 17,9%, sendo superior para maior concentração de *enzima*. Com uma menor relação de banho verifica-se que sem o uso de *peróxido de hidrogênio* ocorre uma melhora nos resultados (Figura 3A).

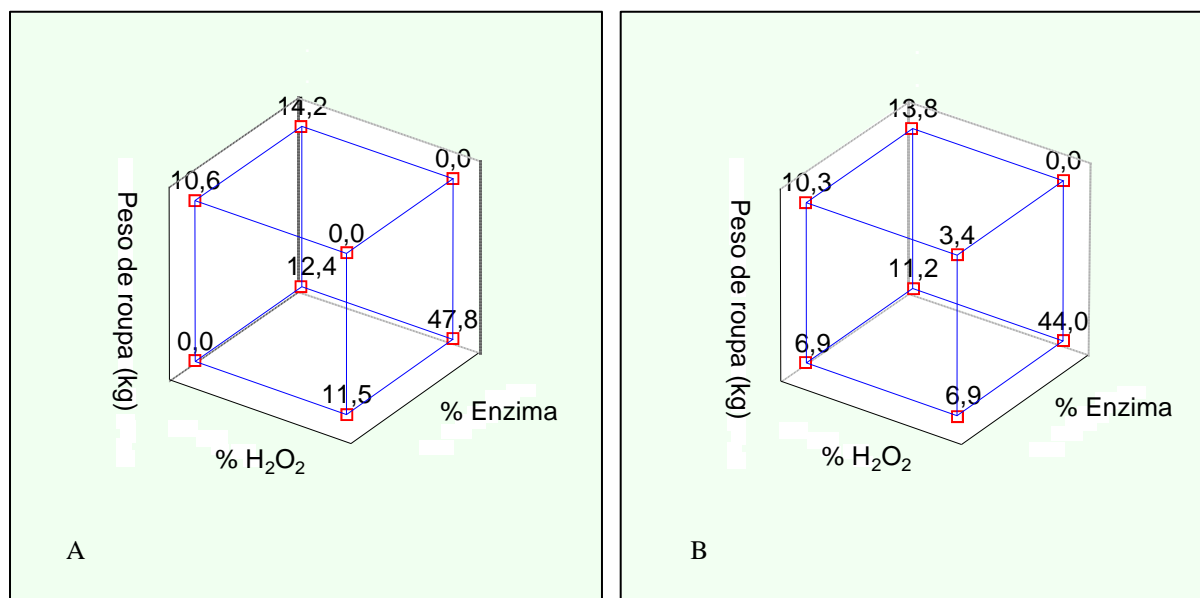


Figura 3: Resultado do planejamento fatorial apresentado no cubo para os resultados do desbote (A), uniformidade (B).

As respostas ao efeito do *peróxido de hidrogênio* para uma maior relação de banho foram positivas, em média 23,4%, com destaque para maior concentração de *enzima*. Para uma menor relação de banho os efeitos foram negativos, em média, -12,4%, independentemente da concentração de *enzima*.

A elevação da concentração de *enzima*, com uma maior relação de banho, produz um efeito positivo, em média, de 24,4%. Enquanto isto, para uma menor relação de banho o uso de *peróxido de hidrogênio* praticamente não alterou a resposta ao efeito da *enzima*.

Os resultados sugerem que o *peróxido de hidrogênio*, para as concentrações utilizadas na lavanderia, é praticamente inócuo, para uma baixa relação de banho. Embora, para uma maior relação de banho, uma maior concentração de *enzima* associada ao uso do *peróxido de hidrogênio*, traz resultado bastante significativo, +47,8%.

Esta melhora na resposta indica uma maior atuação do oxidante, *peróxido de hidrogênio*, sobre as impurezas existentes nas fibras, responsáveis pela cor amarelada, após a ação da *enzima* sobre o tecido, ou seja, após a estonagem. Com o maior destaque dos fios brancos, em decorrência da ação do *peróxido de hidrogênio*, tem-se uma melhor resposta no aspecto final da peça lavada.

Sobre a *uniformidade*, para os efeitos principais % de *peróxido de hidrogênio* e % de *enzima* e a interação “12” as respostas foram, também, positivas (Tabela 5), embora com valores mais discretos para os efeitos principais, em relação ao desbote. Novamente, o efeito *peso de roupa* e as interações “13”, “23” e “123” apresentaram resultados negativos, embora, o efeito da interação “123” tenha sido mais evidente. Com uma redução na relação de banho, verifica-se um decréscimo, na média, de 10,4% na resposta da uniformidade. Esta redução é mais acentuada com o uso de *peróxido de hidrogênio*, associado a uma maior concentração de *enzima*, -44,0% (Figura 3B). A resposta ao efeito do *peróxido de hidrogênio*, para uma maior relação de banho, somente é significativa com maior concentração de *enzima* (+32,8%). Para uma menor relação de banho, as respostas são negativas, em média 10,4%, com mais evidência para maior concentração de *enzima*.

Com uso de maior concentração de *enzima*, a resposta é positiva, na média, 10,4%, sendo mais significativa com uso de *peróxido de hidrogênio* em maior relação de banho, +44,0%.

Os resultados mostram que a resposta à uniformidade, assim como aos demais parâmetros, é mais expressiva com maior relação de banho. As lavagens com baixa quantidade relativa de água não removem de forma completa as impurezas fixadas nas fibras, particularmente, as que contêm substâncias corantes, ocasionando manchas nas peças.

A resposta ao efeito, para um maior % de enzima, indica uma ação mais uniforme sobre as peças quando a lavagem é realizada com maior quantidade relativa de água, e provavelmente, está associada a uma maior remoção das impurezas presentes nas fibras.

As respostas dos efeitos principais % de *peróxido de hidrogênio* e o % de *enzima* e o efeito de interação “12” sobre o *alveijamento* apresentaram-se positivas, embora, o efeito % de *enzima* mostra-se mais significativo. Da mesma forma que para os demais parâmetros, o efeito *peso de roupa* e as interações “13”, “23” e “123” apresentam efeitos negativos (Tabela 5).

Com a redução da relação de banho verifica-se um acréscimo, na média, de 6,2%, sem uso de *peróxido de hidrogênio*. Com o uso de *peróxido de hidrogênio* as respostas foram negativas, com maior significância, -47,3%, para maior concentração de enzima (Figura 4A).

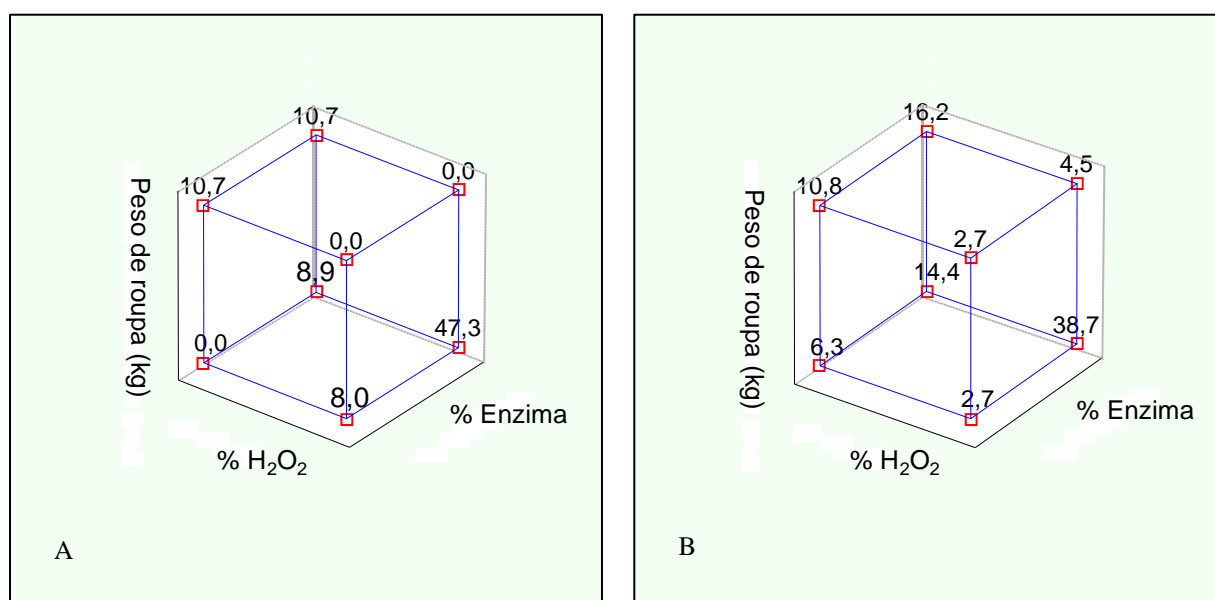


Figura 4: Resultado do planejamento fatorial apresentado no cubo para os resultados do alveijamento (A) e maciez (B).

A resposta ao efeito do *peróxido de hidrogênio*, para uma maior relação de banho, foi melhor com uma maior concentração de *enzima*, 38,4%. Com uma menor relação de banho, as respostas foram negativas, -10,7%, independentemente da concentração de *enzima*.

O efeito do aumento da concentração de *enzima* apresentou resposta apenas para uma maior relação de banho, e foi mais significativa com o uso de *peróxido de hidrogênio*, +39,3%. Com uma menor relação de banho, não houve resposta com o aumento da concentração de *enzima*, independentemente do uso de *peróxido de hidrogênio*.

Os resultados sugerem que o efeito do *peróxido de hidrogênio* é mais evidente quando o tecido é submetido à maior estonagem, principalmente, em uma maior relação de banho. A explicação deste efeito, provavelmente, deve-se a que as impurezas fixadas às fibras, por ação da *enzima*, sejam mais expostas à ação oxidante do *peróxido*. Para uma menor relação de banho o *peróxido de hidrogênio* mostra-se inócuo aos resultados ou até mesmo negativos, indicando que em meios de maior carga orgânica sua ação oxidante é maior, provavelmente, sobre compostos menos complexos.



Para a *maciez*, da mesma forma que os demais parâmetros de qualidade, os efeitos principais, % de *peróxido de hidrogênio* e o % de *enzima*, e o efeito de interação “12” apresentaram respostas positivas (Tabela 5). O efeito % de *enzima* foi o mais significativo. A resposta ao efeito % *peróxido de hidrogênio* foi inexpressiva.

Assim como para os demais efeitos, o efeito *peso de roupa* e os efeitos das interações “13”, “23” e “123” são negativos, com maior significância para o *peso de roupa*.

Ao reduzir a relação de banho observa-se uma melhora inexpressiva na *maciez*, em média +3,15%, sem o uso de *peróxido de hidrogênio*, independentemente da concentração de *enzima*. Já, a resposta foi negativa e significativa, com o uso do *peróxido de hidrogênio* e maior concentração de *enzima*. Para menor concentração de *enzima* não ocorreu alteração na resposta (Figura 4B).

O uso de *peróxido de hidrogênio* em uma maior relação de banho levou a uma melhora na resposta quando se aplicou maior concentração de *enzima*, +24,3%. Para menor concentração de *enzima* a resposta foi discreta e negativa. Para menor relação de banho a resposta foi, na média, 9,9% menor independentemente das concentrações de *enzima*.

O efeito da % de *enzima* foi mais significativo em alta relação de banho, na média +22,05%, com destaque para o uso de *peróxido de hidrogênio*. Em baixa relação de banho, a resposta foi pouco significativa, na média, apenas +3,6%.

Estes resultados indicam que o amaciante é mais eficaz a uma menor relação de banho, provavelmente, devido à sua menor diluição. Embora, quando as roupas são submetidas a uma maior estonagem, principalmente em uma maior relação de banho, observa-se melhor resposta à *maciez*, provavelmente, devido ao ataque às fibras por ação enzimática, tornando-as menos rígidas, ou mesmo pela remoção de resíduos de gomas.

Avaliação dos efluentes líquidos gerados nos ensaios.

Os resultados das análises físicas e químicas dos efluentes líquidos gerados nos ensaios (Tabela 6), como de se esperar, apresentaram, principalmente, para os parâmetros *cor*, *DBO*, *DQO*, *turbidez* e *óleos e graxas*, valores elevados em conformidade com o que determina a Resolução CONAMA No. 357 / 05 (BRASIL, 2005). Os *metais* apresentaram valores abaixo dos limites estabelecidos para lançamento segundo determina o § 5º do Art. 34 desta Resolução, para as condições dos ensaios.

Tabela 6: Resultados analíticos físicos e químicos da água bruta utilizada nos ensaios, dos efluentes líquidos gerados e o incremento sobre a média dos parâmetros analíticos.

Parâmetros	Água Bruta			Efluentes Líquidos			Incremento sobre a média dos parâmetros
	Maior valor	Menor valor	Média	Maior valor	Menor valor	Média	
Temperatura (°C)	28,0	25,0	26,7	40,2	25,4	35,6	8,9
pH	8,0	7,5	7,8	9,7	6,1	8,1	0,3
Cor (uH)	30,0	5,0	17,3	-	>100	-	-
DQO (mg O ₂ /L)	55,4	11,6	25,3	1.661,0	1.207,2	1.402,2	1376,9
DBO (mg O ₂ /L)	9,0	1,0	4,9	860,0	259,0	600,9	596,0
Turbidez (uT)	11,2	0,2	4,2	458,0	112,0	300,9	296,7
ST (mg/L)	1.298,0	274,5	872,2	2697,0	864,5	1774,7	902,5
Condutividade µS/cm	2.270	466	1.504	3.130	910	2.224	720,0
Cloretos (mg Cl ⁻ /L)	306,0	90,0	219,6	382,0	90,0	267,6	48,0
Sulfatos (mg SO ₄ ⁻ /L)	132,7	19,6	86,9	149,2	2,8	101,6	14,7
Óleos e Graxas (mg/L)	3,0	<2,5	-	122,0	31,0	72,4	-



A redução da quantidade de peróxido de hidrogênio utilizada no processo de lavagem não piora a qualidade do efluente final gerado já que se trata de agente oxidante forte, uma vez que os valores encontrados para os parâmetros físicos e químicos avaliados nos ensaios foram iguais ou maiores aos do efluente do processo utilizado na lavanderia.

CONCLUSÕES

A falta de uma política de gestão por parte da maioria das lavanderias industriais locais tem resultado em elevado custo financeiro e ambiental, tornando-as não competitivas nos tempos atuais. Produzir com qualidade, baixo custo e, principalmente, respeitando o meio ambiente são fatores indispensáveis para assegurar a sustentabilidade deste arranjo produtivo, particularmente, em um mercado globalizado.

Uma maior utilização quantitativa de produtos químicos não necessariamente reflete em ganho de qualidade do produto final. O exemplo do ensaio 04, em que foi utilizado um quantitativo de peróxido de hidrogênio 50% menor, resultou em uma melhor qualidade da peça beneficiada se comparada ao ensaio 09 que representou as condições em escala industrial. Com isso, a lavanderia obterá uma economia, no período de estudo, apenas com peróxido de hidrogênio, nos “*processos de lavagem*”, de cerca de R\$ 0,03 por peça beneficiada ou 12% sobre o custo total com produtos químicos. Esta economia representaria R\$ 14.700,00 sobre as 490 mil peças submetidas a este processo no período de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* - SMEWW. Washington. American Public Health Association. 21th edition, 2005.
2. ASABRASIL. *Caracterização do Semi-Árido Brasileiro*. Disponível em: <www.asabrasil.org.br/body_semiarido.htm>. Acessado em: 21 Jun. 2005
3. BARROS NETO, Benício; BRUNS, Roy Edward; SCARMÍNIO, Ieda Sparcino. *Planejamento e Otimização de Experimentos*. Campinas - SP. Editora da UNICAMP, 1995. 299 p.
4. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Resolução 357 de 17 de Março de 2005*. Brasília, DF. 2005.
5. DUARTE, Marta Maria Menezes Bezerra. *Biossorção do Chumbo por Algas Arribadas*. Recife - PE. 2001. Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Química do Departamento de Química Fundamental da UFPE.
6. GOLOB, Vera; VINDER, Aleksandra; SIMONIC, Marjana. *Efficiency of the Coagulation / flocculation Method for the Treatment of Dye bath Effluents*. Dyes and Pigments. 2005, n. 67, p. 93-97.
7. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE *Cidades*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acessado em 20 jul. 2006.