



CEFET-MG

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE
MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA TECNOLÓGICA**

**ESTUDO DE ALVEJANTES À BASE DE PERÓXIDO
DE HIDROGÊNIO**

Madalena Martins Ribeiro

**Belo Horizonte-MG
2011**



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE
MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA TECNOLÓGICA**

ESTUDO DE ALVEJANTES À BASE DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

Madalena Martins Ribeiro

Monografia apresentada ao Curso de Química Tecnológica do CEFET-MG como parte das exigências da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II).

Orientador: Prof. Emerson Fernandes Pedroso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Emerson Fernandes Pedroso (orientador)

Prof^a Dra. Patrícia Santiago Patrício

Prof. Dr. Claudinei Rezende Calado

**Belo Horizonte-MG
2011**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar sempre ao meu lado me dando forças para não fraquejar, contribuindo para que este trabalho fosse realizado.

Ao meus pais, Flávia e Edmilson, que mesmo longe, sempre se fizeram presentes com seu amor incondicional, carinho e apoio, nunca medindo esforços para que esta conquista fosse possível.

Aos meus irmãos, avós e demais familiares, a quem devo parte do que tenho e do que sou, agradeço a dedicação e amor recebidos sempre.

Ao meu namorado, Vinícius, pelo apoio, compreensão nos momentos de ausência, atenção e amor.

Aos verdadeiros amigos, que me apoiaram nas dificuldades e me acompanharam nesta caminhada. Em especial ao Alisson, por toda a sua ajuda dentro do laboratório, e à Natália, por sempre estar ao meu lado durante esses quatro anos.

Ao meu orientador prof. Emerson Fernandes, pela orientação durante esses 12 meses, pelo aprendizado e dedicação nesses anos que trabalhamos juntos.

Ao coordenador do curso, prof. Claudinei Rezende, por estar sempre disposto a me ouvir e me ajudar.

Agradeço a todos que acreditaram em mim, que fizeram e fazem parte da minha história!

LISTA DE ABREVIATURAS

ABIPLA	Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Limpeza
a. C.	antes de Cristo
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CEFET-MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
ISO	Organização Internacional para Padronização
pH	Potencial Hidrogeniônico
UV-Vis	Radiação Eletromagnética na Faixa do Ultravioleta e Visível

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

	pg.
Figura 1: Mecanismo de oxidação envolvendo o ânion perhidroxila.....	8
Figura 2: Fórmula estrutural do corante índigo carmim.....	27
Gráfico 1: Decomposição do peróxido de hidrogênio com o tempo na amostra 1. A linha tracejada considera apenas três pontos. A cheia, todos os pontos.....	24
Gráfico 2: Decomposição do peróxido de hidrogênio com o tempo na amostra 2. A linha tracejada considera apenas três pontos. A cheia, todos os pontos	25
Gráfico 3: Decomposição do peróxido de hidrogênio com o tempo na amostra 3.....	26
Gráfico 4: Espectro de absorção na faixa do UV-Vis da solução de corante.....	28
Gráfico 5: Espectro de absorção na faixa do UV-Vis da solução de corante contendo a Amostra 1.....	29
Gráfico 6: Espectro de absorção na faixa do UV-Vis da solução de corante contendo a Amostra 2	30
Gráfico 7: Variação na concentração do corante em solução com o tempo	32

LISTA DE TABELAS

	pg.
Tabela 1: Causas de acidentes envolvendo peróxido de hidrogênio	11
Tabela 2: Características da Amostra 1.....	16
Tabela 3: Características da Amostra 2	16
Tabela 4: Características da Amostra 3.....	17
Tabela 5: Volumes de permanganato de potássio gastos nas titulações das amostras para determinação do teor de H ₂ O ₂	19
Tabela 6: Volumes de permanganato de potássio gastos nas titulações das amostras para teste de estabilidade	21
Tabela 7: Concentração de peróxido de hidrogênio em solução	22
Tabela 8: Resultados da análise UV-Vis da solução de corante.....	28
Tabela 9: Resultados da análise UV-Vis das soluções de corante com alvejantes	31

RESUMO

ESTUDO DE ALVEJANTES À BASE DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

RIBEIRO, M. M.; PEDROSO, E. F.

Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo de 3 amostras de alvejantes comerciais à base de peróxido de hidrogênio. Analisou-se duas amostras líquidas, Amostra 1 e Amostra 2, e uma amostra sólida, Amostra 3. Determinou-se o percentual de peróxido de hidrogênio nestas amostras por permanganometria. Por meio do teste de estabilidade, verificou-se a variação na concentração do peróxido de hidrogênio durante intervalos de tempo pré-determinados, simulando-se as condições encontradas em um processo de lavagem. A amostra 2 apresentou menor estabilidade e maior teor de peróxido de hidrogênio. O poder oxidante de cada amostra líquida foi testado avaliando-se, por meio de espectrofotometria UV-Vis, a eficiência destas amostras na degradação do corante artificial índigo carmim. A amostra 3, que apresentou percentual de peróxido de hidrogênio maior que a amostra 1, foi mais eficiente na degradação do corante.

Palavras-chave: alvejante, peróxido de hidrogênio, oxidação

SUMÁRIO

	pg.
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Perfil químico dos alvejantes	4
2.2 Alvejantes clorados e alvejantes peroxigenados	5
2.3 Ação do peróxido de hidrogênio durante o processo de branqueamento	7
2.4 Produção e consumo de alvejantes	9
2.5 Perigos de peróxidos durante sua manufatura, acondicionamento, transporte e uso	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS	13
3.1 Considerações gerais sobre o trabalho	13
3.2 Aquisição das amostras	13
3.3 Determinação do percentual de peróxido de hidrogênio por permanganometria	13
3.4 Testes de estabilidade	14
3.5 Teste da atividade oxidante	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4.1 Perfil das amostras	16
4.2 Preparo das soluções	17
4.3 Determinação do percentual de peróxido de hidrogênio por permanganometria.....	18
4.4 Estabilidade	20
4.5 Teste da atividade oxidante.....	26
5. CONCLUSÃO	34
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1. INTRODUÇÃO

A indústria de artigos de lavanderias, usualmente conhecida como a indústria de sabões, tem raízes no passado, há 2000 anos atrás, quando uma manufatura de sabões foi encontrada nas escavações de Pompéia. No entanto, entre as diversas indústrias químicas, nenhuma teve modificação fundamental de matérias-primas tão grande quanto a indústria de saboaria. Entre 1940 e 1965, os detergentes passaram a responder por 80% da demanda anterior em sabões. Em 1975, bem mais de 80% do mercado estavam cobertos por novos detergentes. Estes detergentes usam, na respectiva fabricação, matérias-primas e reações químicas completamente novas (SHEREVE, R. N. et al.; 1997).

A fabricação de sabão é uma atividade bem estabelecida e regulamentada desde a Idade Média, mas foi a partir do século XIX que esse produto tornou-se mais acessível à população; antes disso era considerado artigo de luxo. A fabricação comercial do sabão iniciou-se em 1791, com a descoberta do processo de fabricação do carbonato de sódio, ou barrilha. Este material alcalino servia de base no preparo do sabão, pois é capaz de se misturar com as gorduras. A descoberta do processo da amônia na segunda metade do século XIX reduziu ainda mais os custos da produção do sabão (CORRÊA, L. M. L.; 2005).

A evolução no processo de fabricação deu origem a diversos tipos de sabões. No início do século XX, começaram a aparecer os sabões de toalete, os sabões em escama, os sabões em pó, e os primeiros detergentes domésticos surgiram no início dos anos 1930 (CORRÊA, L. M. L.; 2005).

O sabão, na verdade, nunca foi "descoberto", mas surgiu gradualmente de misturas brutas de materiais alcalinos e matérias graxas. Plínio, o Velho, descreve a fabricação do sabão duro e do sabão mole, no século I, mas foi somente a partir do século XIII que o sabão passou a ser produzido em quantidades suficientes para ser considerado uma indústria (SHEREVE, R. N. et al.; 1997).

Durante 2000 anos, os processos básicos de fabricação de sabões permaneceram praticamente imutáveis. Envolviam a saponificação

descontínua dos óleos e gorduras, mediante um álcali, seguida pela salga. As modificações maiores ocorreram no pré-tratamento das gorduras e dos óleos, no processo de fabricação e no acabamento do sabão, como por exemplo, na secagem e atomização. Conseguiram-se novas e melhores matérias-primas mediante a hidrólise, a hidrogenação, a extração em fase líquida e a cristalização a solvente das diversas gorduras e óleos (SHEREVE, R. N. et al.; 1997).

Os processos contínuos datam de 1937 e envolvem neutralização e hidrólise a alta pressão. O processo de saponificação contínua foi desenvolvido em 1945 e, desde então, foram erguidas instalações de ambos os tipos (contínuas e descontínuas). Esses processos contínuos de fabricação do sabão, embora sendo desenvolvimentos tecnológicos de extrema importância, foram parcialmente superados pela introdução de detergentes sintéticos (SHEREVE, R. N. et al.; 1997), que eram de menor custo e maior eficácia.

Existem diferenças significativas nos processos usados para fabricar os detergentes e os sabões, e também diferenças de composição química, que provocam diferenças de atuação. Os sabões dão precipitados e, por isso, não são eficientes com águas duras ou ácidas, ao contrário dos detergentes. Além disso, embora as composições químicas dos sabões ordinários sejam um tanto variáveis, em essência são apenas sais de sódio ou de potássio de diversos ácidos graxos. Por outro lado, os detergentes são misturas muito complicadas de várias substâncias, cada qual escolhida para efetuar uma ação particular durante a limpeza. Os detergentes têm excepcionais propriedades de remoção de sujeira (SHEREVE, R. N. et al.; 1997).

Com a popularização dos detergentes, os consumidores preocuparam-se mais com a higiene pessoal e com a lavagem de roupas e de louças. Com isso, os fabricantes começaram a investir na pesquisa e no desenvolvimento de novos produtos e em métodos de lavagem rápidos e eficazes, que facilitassem as tarefas domésticas (REVISTA ESPUMA; 2011b).

Para a lavagem de roupas, a primeira grande mudança foi a introdução do detergente em pó no lugar das tradicionais barras de sabão já existentes no

mercado. Com a introdução da máquina de lavar, esse processo foi facilitado (REVISTA ESPUMA; 2011b).

Dentre os produtos de limpeza, aqueles destinados à lavagem de roupas são os mais consumidos. De acordo com dados divulgados pela Nielsen e informados pela Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Limpeza (Abipla), em 2009, eles representaram 30% do faturamento dos itens dedicados à limpeza, mercado este que na ocasião movimentou, no país, R\$ 3,5 bilhões. Nos últimos anos, as versões líquidas vêm sendo as mais procuradas e o consumo em volume per capita anual é de 4,47 litros, ainda baixo se comparado ao de outros países, o que mostra grande potencial de crescimento (REVISTA ESPUMA; 2011b).

Dentre as inovações deste setor encontra-se o desenvolvimento de alvejantes, que são utilizados para remover as manchas que o detergente comum não tira, deixando as roupas mais brancas. Os primeiros alvejantes eram à base de cloro, mas atualmente as empresas têm investido na produção de alvejantes à base de peróxidos, que além de ter um maior poder de limpeza, podem ser utilizados na lavagem de roupas brancas e coloridas, preservam os tecidos e oferecem menos riscos ao consumidor durante o uso.

Diante dessa tendência no mercado de alvejantes, decidiu-se estudar algumas propriedades deste novo produto. A determinação do teor de peróxido de hidrogênio e a realização de testes de estabilidade deste peróxido em algumas amostras comerciais foram as principais atividades desenvolvidas neste trabalho. Também foi testada a eficiência desses produtos na degradação de um corante artificial (índigo carmim).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Perfil químico dos alvejantes

Evidências históricas da química de branqueamento de roupas podem ser encontradas desde 300 a.C., com o uso de carbonato de sódio proveniente de algas queimadas, seguido pelo tratamento com leite azedo para neutralização e posterior exposição à luz solar (CARSON, P. A. et al.; 2006).

De acordo com a ANVISA, alvejante é “qualquer substância com ação química, oxidante ou redutora, que exerce ação branqueadora” (BRASIL; 1978).

A Norma ISO 862, define alvejante/branqueador como um “produto destinado a alvejar/branquear superfícies, tecidos etc., por processos químicos e/ou físicos” (BRASIL; 1995).

Hoje em dia, detergentes alvejantes comuns ou são de cloro (na forma de hipoclorito, por exemplo), ou de compostos peróxido (como peróxido de hidrogênio, percarbonatos e perboratos). Esses produtos contêm uma série de ingredientes, cada qual designado a realizar uma função específica para reforçar o poder de limpeza do produto (CARSON, P. A. et al.; 2006).

Seus constituintes básicos são:

- Surfactantes: qualquer composto que modifica (usualmente que reduz) a tensão superficial, quando dissolvido em água ou em soluções aquosas, e que altera, de maneira análoga, a tensão interfacial de dois líquidos. O conceito é aplicado, com maior frequência, aos derivados orgânicos, como os sais de sódio dos sulfatos ou dos sulfonatos de alquila de elevada massa molecular. Estes compostos efetuam na lavagem a ação de limpeza primária e de espumejamento mediante o mesmo mecanismo de redução da tensão superficial (SHEREVE, R. N. et al.; 1997).
- “Construtores”: responsáveis pela diminuição da dureza da água, através da remoção de íons Ca^{2+} e Mg^{2+} em solução. Como exemplo, tem-se os tripolifosfatos de sódio e zeólitas (CARSON, P. A. et al.; 2006).

- Agente de branqueamento químico/agente de alvejamento: um produto que, por ação química, geralmente oxidante ou redutora, atuando sob condições controladas sobre têxteis ou outros materiais, transforma substâncias que afetam adversamente a aparência do material, em substâncias de coloração menos intensa (BRASIL; 1995).
- Aditivos: enzimas (como por exemplo, proteases, lipases ou amilases), para digerir proteínas e gorduras (CARSON, P. A. et al.; 2006); auxiliares de anti-redeposição (como a carboximetilcelulose de sódio), para manter em suspensão a sujidade removida, evitando sua redeposição sobre o objeto limpo (BRASIL; 1995); abrillantadores de tecido, que são corantes fluorescentes que fazem os tecidos parecerem mais brilhantes em virtude da capacidade que possuem para converter a radiação ultravioleta em luz visível (SHEREVE, R. N. et al.; 1997); perfumes, para fornecer odores específicos ao produto (CARSON, P. A. et al.; 2006).

2.2 Alvejantes clorados e alvejantes peroxigenados

A preservação dos tecidos faz parte da argumentação de vendas tanto de alvejantes sem cloro como dos clorados. Nos clorados, o principal princípio ativo é o hipoclorito de sódio, o mesmo da água sanitária. A maior diferença entre alvejantes com cloro e água sanitária, segundo formuladores do setor, é o perfume; ambos têm ação bactericida, alvejam e eliminam odores (REVISTA H&C; 2010b).

Em 2009, a Anvisa classificou a água sanitária como sendo um produto apropriado ao combate da cólera e às larvas do mosquito da dengue, *Aedes aegypti*, o que possibilita o seu uso na desinfecção de alimentos. A água sanitária é um produto de preço acessível muito utilizado pelos consumidores brasileiros e sua formulação não sofreu alterações significativas no decorrer dos anos (REVISTA ESPUMA; 2011a).

Ao contrário das águas sanitárias, os alvejantes modernos, que também podem ser utilizados para limpeza em geral e de roupas, tiveram uma grande evolução em sua composição. Já existem alvejantes em pó, sem

cloro e para pré-lavagem, e a cada dia produtos inovadores surgem no mercado. Isto se deve às maiores exigências dos consumidores, que já não se importam em pagar mais caro por um produto, desde que este tenha maior eficácia e qualidade, e à competição entre as empresas, que não querem perder a preferência dos consumidores e diminuir suas vendas (REVISTA ESPUMA; 2011a).

Para substituir o cloro nas formulações de alvejantes, entraram em cena o peróxido de hidrogênio e percarbonato de sódio. O cloro, apesar de ser uma opção tradicional, traz pontos negativos reconhecidos pelos consumidores, como: risco de manchas em roupas coloridas, amarelamento dos tecidos brancos, danos nas fibras após várias lavagens, além de inconvenientes como cheiro forte e agressividade para as mãos (REVISTA H&C; 2010c). Os alvejantes à base de peróxido oferecem uma completa e segura remoção de manchas em todo tipo de tecido, de qualquer cor. Os produtos apresentam uma elevada eficácia e facilitam o trabalho, já que os consumidores não precisam analisar o tipo de mancha, esfregar o tecido e usar cloro (REVISTA ESPUMA; 2011a).

Os mais comuns alvejantes peróxidos são à base de sais como perborato de sódio tetrahidratado ($\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), perborato de sódio monohidratado ($\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e carbonato de sódio perhidratado ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}_2$), comumente conhecido como percarbonato de sódio (CARSON, P. A. et al.; 2006).

Atualmente, as formulações de detergentes alvejantes que utilizam o peróxido de hidrogênio em sua composição são preparadas em meio ácido. O meio ácido estabiliza o peróxido de hidrogênio, evitando sua degradação durante o período de validade do produto (REVISTA H&C; 2010c).

Existem algumas vantagens da utilização de alvejantes com peróxido de hidrogênio, as quais merecem destaque:

- Melhora a afinidade do conteúdo orgânico da sujeira com água, com conseqüente redução da força de adesão da sujidade orgânica na superfície;
- O peróxido de hidrogênio promove a oxidação química dos componentes da sujeira, melhorando assim a *performance* de limpeza;

- O peróxido de hidrogênio promove a oxidação de substâncias coloridas ou geradoras de odor;
- O peróxido de hidrogênio penetra na sujeira, onde ocorre sua decomposição com conseqüente formação de gases. Este processo provoca o fracionamento da sujeira, facilitando sua remoção e melhorando o processo de limpeza (REVISTA H&C; 2010c).

Trata-se, portanto, de uma ótima alternativa para formulações de produtos de limpeza destinados tanto ao mercado doméstico quanto institucional (REVISTA H&C; 2010c).

2.3 Ação do peróxido de hidrogênio durante o processo de “branqueamento”

O peróxido de hidrogênio é comumente usado em um grande número de aplicações, tais como o branqueamento, desinfecção e processos de oxidação. É um produto químico oxidante atraente porque os seus produtos de reação são água e oxigênio, não-tóxicos ao meio ambiente. O branqueamento de tecidos, especialmente de algodão, utilizando peróxido de hidrogênio, ganhou importância devido aos problemas de poluição causados pelo branqueamento utilizando hipoclorito (KUMBASAR, E. P. A.; 2011).

Existem muitos estudos sobre a decomposição do peróxido de hidrogênio, porém, o mecanismo desta reação ainda não é totalmente compreendido. Vários mecanismos são considerados possíveis com relação ao efeito de branqueamento do peróxido de hidrogênio, dentre eles podem-se destacar os seguintes (KUMBASAR, E. P. A.; 2011):

- Alvejantes peróxidos contêm ligações O-O, e, durante o processo de lavagem, elas libertam o oxigênio ativo normalmente na forma de oxigênio tripleto/simpleto. Este é capaz de destruir ligações duplas conjugadas (via epoxidação e subsequente hidrólise) das moléculas que são responsáveis pela cor (CARSON, P. A. et al.; 2006).

- O peróxido de hidrogênio é estável em meio ácido, porém, o branqueamento ocorre pela adição de álcalis ou pelo aumento da temperatura. Quando um álcali é adicionado a uma solução aquosa de peróxido de hidrogênio, ânions perhidroxila são formados. O ânion perhidroxila é altamente instável e se decompõe na presença de substâncias oxidáveis (impurezas coloridas do algodão). A decomposição do ânion perhidroxila é que promove o branqueamento. O álcali diminui a energia de ativação dessa reação de decomposição, pois neutraliza o íon H^+ , possibilitando assim a liberação de HO_2^- . A reação de branqueamento é iniciada por substituição nucleofílica. O ânion perhidroxila funciona como um nucleófilo e pode ser adicionado a um carbono eletrofílico. O mecanismo de peroxidação corresponde a um rearranjo Dakin, conforme indicado pela Figura 1 (KUMBASAR, E. P. A.; 2011):

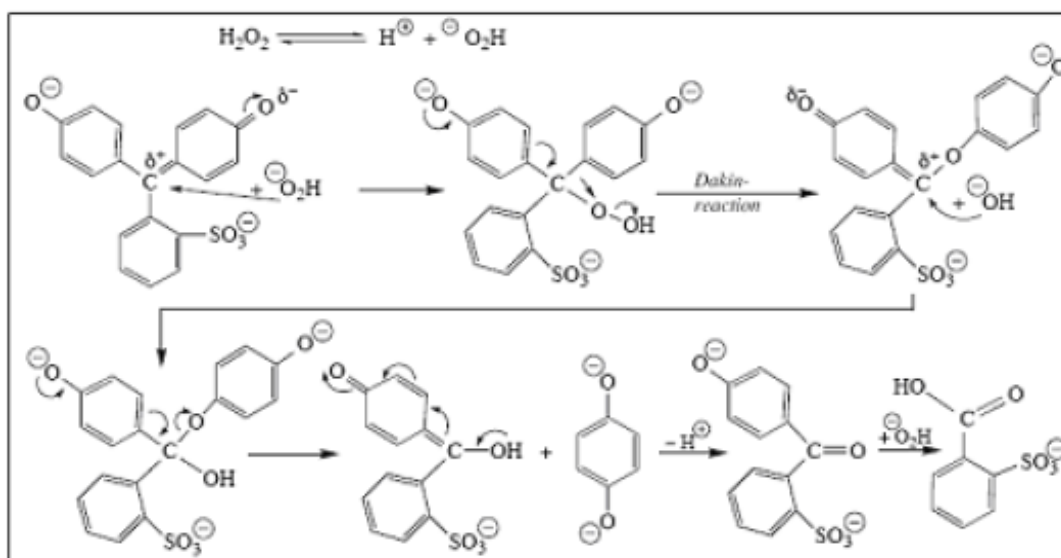
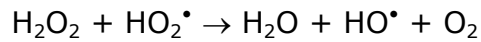
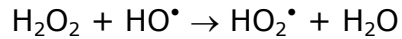


Figura 1: Mecanismo de oxidação envolvendo o ânion perhidroxila

FONTE: (KUMBASAR, E. P. A.; 2011)

- O peróxido de hidrogênio pode se decompor em radical hidroxila, que é responsável pelo processo de branqueamento. O efeito branqueador depende do pH devido à influência deste na velocidade de decomposição do peróxido. Supondo que essa decomposição ocorra em uma reação em cadeia radical, ela é iniciada pela transferência de um elétron de um doador de elétrons para o peróxido de hidrogênio. Os radicais

intermediários, o radical hidroxila (OH^\bullet) ou o radical perhidroxila (OH_2^\bullet), são as espécies ativas no branqueamento (KUMBASAR, E. P. A.; 2011).



- Alguns autores não concordam com o papel do ânion perhidroxila no branqueamento, porque acreditam que exista um pH ótimo acima do qual a atividade de branqueamento é diminuída. Porém, estes autores salientam que esta afirmativa ainda não foi comprovada experimentalmente. Esta dependência do branqueamento com o pH sugere que o ânion perhidroxila não é o agente clareador ativo. O oxigênio ativo é o superóxido $^\bullet\text{O}_2^-$, formado em meio alcalino a partir do radical perhidroxila (KUMBASAR, E. P. A.; 2011).

2.4 Produção e consumo de alvejantes

De acordo com dados da Nielsen, a categoria de alvejantes movimentou, em 2006, mais de R\$ 580 milhões no Brasil. Os produtos clorados ainda detinham a maior fatia deste mercado, sendo responsáveis por aproximadamente 85% do faturamento. Os produtos sem cloro responderam por cerca de 10% e os de pré-lavagem, 5%. Em 2006, o crescimento foi em torno de 10% em volume e em valor (REVISTA H&C; 2010d).

Ainda de acordo com a Nielsen, o consumo per capita da água sanitária (incluindo alvejantes) no Brasil é cerca de 2,24 litros por ano. O segmento cresceu 63% em 10 anos, de 1994 a 2003. O consumo per capita no Norte e no Nordeste é um pouco menor, mas cresceu, no mesmo período, a uma taxa de 67% (REVISTA H&C; 2010d).

A categoria de alvejantes sem cloro iniciou-se com a Reckitt Benckiser, mais conhecida como Vanish. Foi lançada no Brasil há mais de 6 anos e, por meio de um produto inovador, de alto valor agregado, propôs-se a remover manchas de forma segura e eficaz, sem esforço. Em 2005, Vanish participou com 98,6% do crescimento de 31% da categoria de alvejantes

sem cloro, segundo informações da empresa. O aumento em unidades vendidas naquele ano foi de 63% (REVISTA H&C; 2010d).

Hoje, o segmento de alvejantes (clorados e sem cloro) movimentava anualmente cerca de R\$ 900 milhões. Vanish é líder no mercado total, com 20,2%. Já no mercado de alvejantes sem cloro, a liderança da marca é absoluta, com 74% de participação. Vivian Philip, gerente de marketing da marca, destaca que esse mercado cresceu 35,6% em 2009 em relação a 2008, alavancado por Vanish, que cresceu, citando dados da Nielsen, 38,6% (REVISTA H&C; 2010a).

Para Vivian, a tendência é o mercado de alvejantes sem cloro continuar crescendo e ganhar cada vez mais o espaço dos clorados. O mercado de alvejantes seguros cresceu 35,6% em 2009, enquanto o mercado de clorados cresceu apenas 11% (REVISTA H&C; 2010a).

Nos Estados Unidos, o emprego de alvejantes do tipo peroxigenados nos produtos de lavanderia é limitado por lei. Na Europa, os detergentes com alvejantes peroxigenados são comuns, enquanto os alvejantes com hipoclorito são raros, em virtude da maior eficiência dos primeiros nas temperaturas elevadas usadas nas lavanderias européias (SHEREVE, R. N. et al.; 1997).

2.5 Perigos de peróxidos durante sua manufatura, acondicionamento, transporte e uso

Para garantir a segurança durante a manufatura, acondicionamento, transporte e uso de compostos peróxido é necessário conhecer as principais propriedades e causas atribuídas a acidentes envolvendo estes compostos (CARSON, P. A. et al.; 2006).

A Tabela 1 indica as principais causas de acidentes envolvendo peróxido de hidrogênio no mundo todo, sendo que alguns desses acidentes se encaixaram em mais de uma categoria (CARSON, P. A. et al.; 2006).

Tabela 1: Causas de acidentes envolvendo peróxido de hidrogênio

Causas	Porcentagem de Acidentes
Derramamento	38
Rápida decomposição	36
Incêndio	34
Pressão de ruptura	13
Reações de fuga	12
Explosão H ₂ O ₂ /vapor orgânico	14
Explosão da fase condensada	5

Fonte: CARSON, P. A. et al.; 2006.

Acidentes são causados principalmente pela auto-decomposição exotérmica desses compostos, com geração de O₂ e água e elevação da temperatura. A presença de contaminantes e o aumento da temperatura favorecem esse processo. A liberação de O₂ durante a decomposição eleva a pressão interna de recipientes onde são armazenados os produtos, podendo gerar explosões (CARSON, P. A. et al.; 2006).

Para evitar acidentes durante o acondicionamento, algumas precauções podem ser tomadas, como por exemplo, monitorar a temperatura (para garantir que ela sempre esteja abaixo da temperatura de auto-decomposição), evitar prolongadas e desnecessárias exposições ao ar, evitar o contato com materiais orgânicos, entre outras. O contato com materiais orgânicos leva à formação de misturas explosivas e reações de fuga com agentes redutores. Devem-se preferir embalagens contendo menores quantidades, em vez de silos para estocagem a granel (CARSON, P. A. et al.; 2006).

Já foram detectados casos de erupções, rinites, conjuntivites e chiados em trabalhadores expostos a compostos peróxidos por mais de um ano. Por isso, é necessária uma avaliação de riscos em cada etapa envolvida nos processos produtivos, de modo a garantir a segurança dos trabalhadores (CARSON, P. A. et al.; 2006).

Deve-se considerar também o risco de acidentes com produtos que possuam baixa concentração de compostos peróxido (como por exemplo, os alvejantes), devido à possibilidade de formação de subprodutos instáveis que podem ser explosivos. Isso justifica a necessidade de se avaliar a estabilidade desses alvejantes antes de comercializá-los e de se orientar os clientes a tomarem certas precauções durante o manuseio (CARSON, P. A. et al.; 2006).

Atualmente, tem-se buscado estabelecer as propriedades e perigos dos compostos peróxido e assim, criar métodos eficazes de controle de acidentes em qualquer fase do desenvolvimento do produto (manufatura, estocagem, transporte, processamento e distribuição) e durante o uso (considerando-se já uma possível má utilização pelo consumidor) (CARSON, P. A. et al.; 2006).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Considerações gerais sobre o trabalho

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa do Departamento de Química do CEFET-MG.

3.2 Aquisição das amostras

Foram adquiridas duas amostras de alvejante líquido sem cloro e uma amostra de alvejante sólido sem cloro. Todas foram compradas em supermercados na cidade de Belo Horizonte-MG.

3.3 Determinação do percentual de peróxido de hidrogênio por permanganometria

Utilizou-se soluções de permanganato de potássio que estavam estocados no Laboratório de Química Inorgânica do CEFET-MG.

As soluções foram padronizadas antes de cada análise realizada, com oxalato de sódio tratado previamente em estufa por 1 hora a 100°C.

Antes de iniciar a titulação, a solução de permanganato de potássio foi aquecida por aproximadamente 30 minutos a 50-60°C. Após atingir a temperatura ambiente, a solução foi filtrada em lã de vidro.

As padronizações foram feitas em triplicata e, para cada alíquota, utilizou-se cerca de 0,1000 g do oxalato de sódio. Dissolveu-se o sólido em 80 mL de água destilada e 5 mL de ácido sulfúrico. Após a dissolução completa do oxalato de sódio a solução foi aquecida a 55-60°C. A titulação com permanganato de potássio foi realizada a quente até o aparecimento de coloração rosa permanente.

O teor de H₂O₂ disponível nas amostras foi determinado por meio de titulação com uma solução padronizada de permanganato de potássio.

Para as amostras líquidas, preparou-se 100,00 mL de solução contendo 10 mL da amostra e 40,0 mL de ácido sulfúrico 1,092 mol L⁻¹. Titulou-se, em triplicata, alíquotas de 5,00 mL de cada solução preparada.

Para a amostra sólida, preparou-se 100,00 mL de solução contendo 1,00 g da amostra e 25,0 mL de ácido sulfúrico 1N. Titulou-se, em quadruplicata, alíquotas de 10,00 mL da solução.

3.4 Testes de estabilidade

De forma a verificar a estabilidade dos alvejantes durante o processo de lavagem, os mesmos foram diluídos em água e, durante um período definido de tempo, foram retiradas alíquotas para determinação da quantidade de peróxido de hidrogênio presente. Desta forma foi possível se verificar a estabilidade do peróxido de hidrogênio durante o processo de lavagem.

Para as amostras líquidas, preparou-se 100,00 mL de solução contendo 10,00 mL da amostra. Titulou-se em triplicata, alíquotas de 5,00 mL de cada solução, logo após o preparo destas. A titulação em triplicata foi repetida por mais três vezes, em intervalos de tempo iguais a 40 minutos entre elas.

Para a amostra sólida, preparou-se 100,00 mL de solução contendo 1,0067g da amostra. Titulou-se em duplicata, alíquotas de 10,00 mL da solução, logo após o preparo desta. A titulação em duplicata foi repetida por mais três vezes, em intervalos de tempo iguais a 40 minutos entre elas.

As soluções foram preparadas utilizando-se água de torneira. Antes de iniciar a titulação, foi necessário adicionar ácido sulfúrico às amostras, para que fosse possível a reação entre permanganato de potássio e o peróxido de hidrogênio. Para as amostras líquidas, adicionou-se 5,0 mL de solução de ácido sulfúrico 1,092 mol L⁻¹. Para a amostra sólida, adicionou-se 10,0 mL de solução de ácido sulfúrico 1N.

3.5 Teste da atividade oxidante

Com o intuito de se testar a eficiência dos alvejantes frente à decomposição de um composto colorido, foram realizados experimentos utilizando um corante orgânico (índigo carmim). A uma solução deste composto foi adicionado um volume conhecido de alvejante. O espectro UV-Vis desta solução obtida foi medido em intervalos de tempos regulares de forma a se constatar qual alvejante apresentava a maior eficiência no processo de oxidação do corante. Para estes estudos utilizou-se um espectrofotômetro UV-Vis da marca Varian, modelo Cary 50. As leituras foram feitas no intervalo de comprimento de onda de 800 a 300 nm e em velocidade rápida. Testou-se a eficiência dos alvejantes líquidos na degradação do corante índigo carmim.

Preparou-se uma solução $0,1158 \text{ mmol L}^{-1}$ ($0,054 \text{ g L}^{-1}$) do corante índigo carmim. Sendo assim, vários espectros foram feitos de forma a monitorar a degradação do corante.

Para os testes, preparou-se uma solução composta de 10,00 mL de água de torneira e 10,00 mL da solução previamente preparada contendo o corante. Fez-se o espectro desta amostra no espectrofotômetro UV-Vis utilizando-se uma cubeta de acrílico. Preparou-se outra solução contendo 10,00 mL de água de torneira, 10,00 mL da solução previamente preparada contendo o corante e 1,00 mL do alvejante líquido. Uma alíquota desta solução foi colocada em uma cubeta de acrílico e analisada por espectrofotometria de absorção na faixa do UV-Vis. A cubeta com a amostra foi deixada por 80 minutos dentro do espectrofotômetro e durante este período, foram feitos 14 espectros, em intervalos de tempos conhecidos. Os procedimentos foram repetidos para cada alvejante líquido, a fim de se comparar os resultados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Perfil das amostras

As características dos três produtos adquiridos estão disponibilizadas nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2: Características da amostra 1

Produto	Alvejante sem cloro líquido
Volume	500 mL
Composição	Alquilbenzeno sulfonato de sódio, álcool graxo etoxilado, peróxido de hidrogênio, sequestrante, antiespumante, corante, fragrância e água
Fabricação	23/12/2010
Validade	24 meses
Lote	L5885160

Tabela 3: Características da amostra 2

Produto	Alvejante sem cloro tira manchas líquido
Volume	500 mL
Composição	Peróxido de hidrogênio, linear alquilbenzeno sulfonato de sódio, coadjuvantes, sequestrante, corante, fragrância e água
Fabricação	15/12/2010
Validade	1 ano
Lote	10349 A3 13:20

Tabela 4: Características da amostra 3

Produto	Tira manchas seguro multi-uso Alvejante sem cloro sólido
Quantidade	450 g
Composição	Percarbonato de sódio, hidrótopo, tensoativo não iônico, tensoativos aniônicos, fragrância, enzimas e coadjuvante
Fabricação	17/12/2010
Validade	24 meses
Lote	5886728 1304

4.2 Preparo das soluções

Durante o preparo de todas as soluções utilizadas nos experimentos, percebeu-se a formação de muita espuma e de bolhas. Acredita-se que as bolhas indicam que parte do peróxido de hidrogênio tenha sido perdida durante o preparo. As soluções preparadas com ácido sulfúrico apresentaram menos espuma e menos bolhas do que aquelas preparadas utilizando-se apenas água de torneira. Isto ocorreu porque o ácido ajuda a estabilizar o peróxido de hidrogênio em solução.

A dissolução da amostra sólida foi bastante demorada e só ocorreu depois de muita agitação. Essa agitação aumentou a quantidade de espuma e de bolhas liberadas e, conseqüentemente, a perda do peróxido de hidrogênio.

Tentou-se preparar as soluções da forma mais rápida possível, a fim de evitar que essa perda de peróxido fosse significativa para os resultados encontrados.

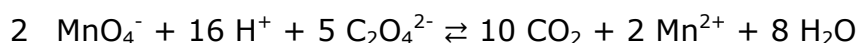
4.3 Determinação do percentual de peróxido de hidrogênio por permanganometria

A padronização da solução de permanganato de potássio foi necessária porque esse composto geralmente não é obtido com um elevado grau de pureza e completamente livre de dióxido de manganês, por isso, não é considerado um padrão primário. Além disso, algumas substâncias redutoras presentes na água destilada, como por exemplo, traços de matéria orgânica, reagem com o permanganato de potássio, formando dióxido de manganês. Este óxido, quando em solução, catalisa a auto-decomposição da solução de permanganato, conforme a reação: (SKOOG, D. A. et. al; 2002):



O aquecimento e a filtração da solução antes da sua padronização eliminam a interferência do dióxido de manganês. A filtração deve ser feita utilizando-se lã de vidro, pois o permanganato reage com o papel filtro formando dióxido de manganês (SKOOG, D. A. et. al; 2002).

O oxalato de sódio é o padrão primário mais utilizado para a padronização dessa solução. Durante a padronização, ocorre a seguinte reação:

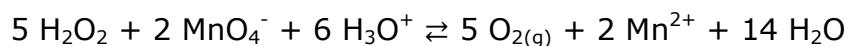


Nessa reação, não foi necessário o uso de indicadores, visto que um pequeno excesso de permanganato de potássio confere à solução uma coloração violeta clara (quase rósea), indicando o ponto final da titulação. A solução padronizada foi conservada em frasco escuro (cor âmbar) e protegida de exposição desnecessária à luz.

A solução de permanganato de potássio foi padronizada antes de cada análise devido à sua estabilidade limitada. Assim, para determinação do teor de H_2O_2 disponível nas amostras líquidas utilizou-se solução de permanganato de potássio de concentração $0,0186 \text{ mol L}^{-1}$. Para os testes de estabilidade da Amostra 1, utilizou-se solução de permanganato de potássio $0,01933 \text{ mol L}^{-1}$. A concentração da solução utilizada para teste de estabilidade e para a determinação do teor de H_2O_2 da Amostra 3 e para o teste de estabilidade da amostra 2 era igual a $0,01348 \text{ mol L}^{-1}$.

As diferenças nas concentrações encontradas para as soluções devem-se ao fato de que elas estavam armazenadas em frascos diferentes, não foram preparadas pela mesma pessoa e nem na mesma data.

Quando se adiciona a solução de permanganato de potássio à solução contendo peróxido de hidrogênio em meio ácido, ocorre a seguinte reação:



Os volumes gastos nas titulações das amostras estão indicados na Tabela 5.

Tabela 5: Volumes de permanganato de potássio gastos nas titulações das amostras para determinação do teor de H₂O₂

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
1ª Titulação	17,55 mL	21,85 mL	10,80 mL
2ª Titulação	15,55 mL	21,85 mL	11,00 mL
3ª Titulação	17,60 mL	21,90 mL	11,05 mL
4ª Titulação	-	-	11,00 mL
Volume médio	17,57 mL	21,87 mL	10,96 mL

Para as amostras 1 e 2 utilizou-se solução de permanganato de potássio 0,0186 mol L⁻¹ e para a amostra 3 utilizou-se solução de concentração 0,01348 mol L⁻¹.

Os cálculos foram feitos considerando-se a estequiometria da reação e as diluições realizadas. Para a amostra 1, encontrou-se o teor de H₂O₂ igual a 5,56% (m/v); para a amostra 2, o teor determinado foi de 6,92% (m/v) e para a amostra 3 encontrou-se 12,58% (m/m).

Os rótulos não apresentavam informações sobre o teor de H₂O₂ nas amostras adquiridas, portanto não se pode fazer nenhuma comparação de forma a se afirmar a idoneidade dos fabricantes.

4.4 Estabilidade

O teste de estabilidade foi feito com o objetivo de se verificar se a concentração de peróxido de hidrogênio em solução permanece constante com o tempo, o que sob ponto de vista prático é muito importante, visto que o processo de lavagem é demorado. Caso essa concentração diminua, procurou-se determinar a taxa de decomposição do peróxido de hidrogênio.

Para isso, preparou-se soluções das amostras com água de torneira, a fim de se reproduzir as condições em que os alvejantes são usados durante a lavagem de roupas. Alíquotas dessas soluções foram tituladas em intervalos de tempo de 40 minutos. O volume de solução de permanganato de potássio gasto em cada titulação está indicado na Tabela 6.

As titulações da amostra 1 foram feitas com solução de permanganato de potássio $0,01933 \text{ mol L}^{-1}$; para as titulações das amostras 2 e 3 utilizou-se solução de permanganato de potássio $0,01348 \text{ mol L}^{-1}$.

Tabela 6: Volumes de permanganato de potássio gastos nas titulações das amostras para teste de estabilidade

		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
1ª Titulação (t=0)	V₁	15,85 mL	30,85 mL	9,30 mL
	V₂	15,95 mL	30,85 mL	9,15 mL
	V₃	15,80 mL	30,90 mL	-
	Volume médio	15,87 mL	30,87 mL	9,22 mL
2ª Titulação (t = 40)	V₁	15,85 mL	30,90 mL	8,20 mL
	V₂	15,90 mL	30,85 mL	8,00 mL
	V₃	15,80 mL	30,75 mL	-
	Volume médio	15,85 mL	30,83 mL	8,10 mL
3ª Titulação (t = 80)	V₁	15,90 mL	30,80 mL	7,15 mL
	V₂	15,80 mL	30,85 mL	7,00 mL
	V₃	15,80 mL	30,85 mL	-
	Volume médio	15,83 mL	30,83 mL	7,08 mL
4ª Titulação (t = 120)	V₁	15,70 mL	30,80 mL	6,10 mL
	V₂	15,75 mL	30,80 mL	5,90 mL
	V₃	15,65 mL	30,80 mL	-
	Volume médio	15,70 mL	30,82 mL	6,00 mL

O volume de permanganato de potássio consumido em cada titulação deve ser proporcional à concentração de peróxido de hidrogênio em solução. A

partir disso, determinou-se a concentração de peróxido de hidrogênio em solução em cada momento em que foi realizada uma titulação. Considerando-se que a concentração inicial representa 100% de peróxido de hidrogênio em solução, foi possível determinar a porcentagem de peróxido remanescente em solução com o passar do tempo. Os valores encontrados estão representados na Tabela 7.

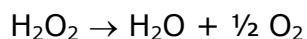
Tabela 7: Concentração de peróxido de hidrogênio em solução

		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Concentração de H₂O₂ (mol L⁻¹)	1ª Titulação (t = 0)	1,534	2,081	3,086
	2ª Titulação (t = 40)	1,532	2,078	2,712
	3ª Titulação (t = 80)	1,530	2,078	2,370
	4ª Titulação (t = 120)	1,517	2,077	2,008
Porcentagem relativa de H₂O₂ em solução	1ª Titulação (t = 0)	100%	100%	100%
	2ª Titulação (t = 40)	99,81%	99,85%	87,89%
	3ª Titulação (t = 80)	99,62%	99,85%	76,84%
	4ª Titulação (t = 120)	98,85%	99,72%	65,11%

A amostra 2 foi a que apresentou maior estabilidade; em 120 minutos o teor de H₂O₂ caiu menos de 1% do valor inicial. Já a amostra 3 foi a que apresentou menor estabilidade; em 120 minutos perdeu mais de 34% do

peróxido de hidrogênio medido inicialmente. A amostra 1 apresentou uma estabilidade média, sendo que a perda de H₂O₂ foi maior nos 40 minutos finais.

A decomposição do peróxido de hidrogênio ocorre segundo a reação abaixo:



Como a velocidade dessa reação é proporcional apenas à concentração do peróxido de hidrogênio, é possível se determinar a constante de velocidade da reação:

$$dc/dt = -k c \quad (\text{equação 1})$$

em que c = concentração do peróxido de hidrogênio, t = tempo e k = constante de velocidade.

Integrando-se a equação 1 entre os limites C_0 e C , em que C_0 representa a concentração inicial de peróxido e C a concentração de peróxido depois de um determinado tempo t , tem-se:

$$\ln C = -kt + \ln C_0 \quad (\text{equação 2})$$

De acordo com a equação 2, um gráfico do logaritmo natural da concentração em função do tempo é uma reta cuja inclinação é igual à constante de velocidade da reação.

Sabendo-se disso foram construídos gráficos com os valores obtidos para cada amostra.

Os valores obtidos para a amostra 1 estão representados no Gráfico 1:

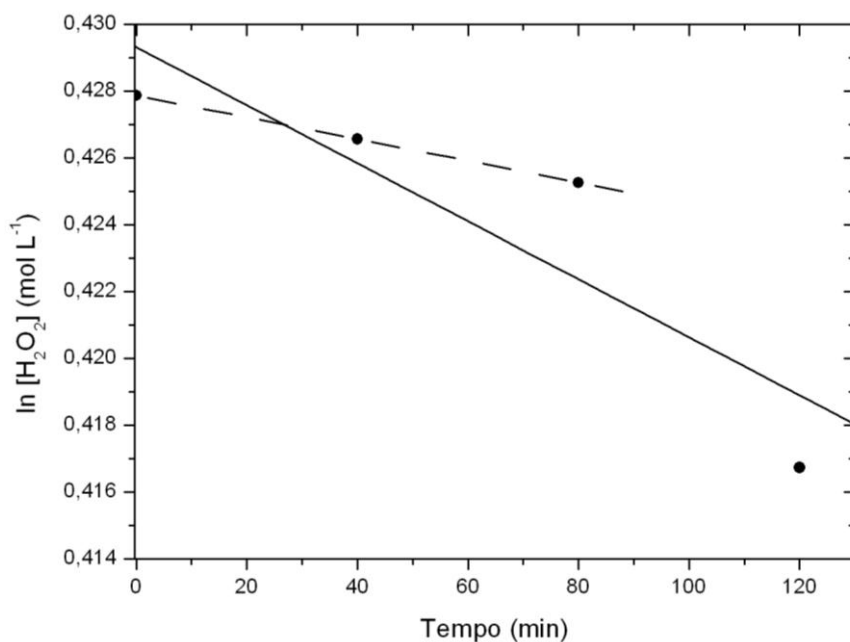


Gráfico 1: Decomposição do peróxido de hidrogênio com o tempo na amostra 1. A linha tracejada considera apenas três pontos. A cheia, todos os pontos.

Primeiramente fez-se uma análise linear dos dados considerando-se todos os valores obtidos. A partir desta análise, linha contínua do gráfico, obteve-se uma constante de velocidade k igual a $- 8,6846 \times 10^{-5}$. Fez-se em seguida uma segunda análise considerando-se apenas os três primeiros pontos, pois estes apresentaram a mesma taxa para a decomposição do peróxido de hidrogênio. A partir desta análise, linha tracejada do gráfico, o valor obtido para a constante de velocidade k foi igual a $- 3,2637 \times 10^{-5}$. Observou-se também que os valores encontrados para R^2 para as duas análises foram bem distintos. No primeiro caso, $R^2 = 0,7938$ e no segundo caso, $R^2 = 1$. No caso em que $R^2 = 1$, há uma correlação linear perfeita entre as variáveis x e y .

Os valores obtidos para a amostra 2 estão representados no Gráfico 2:

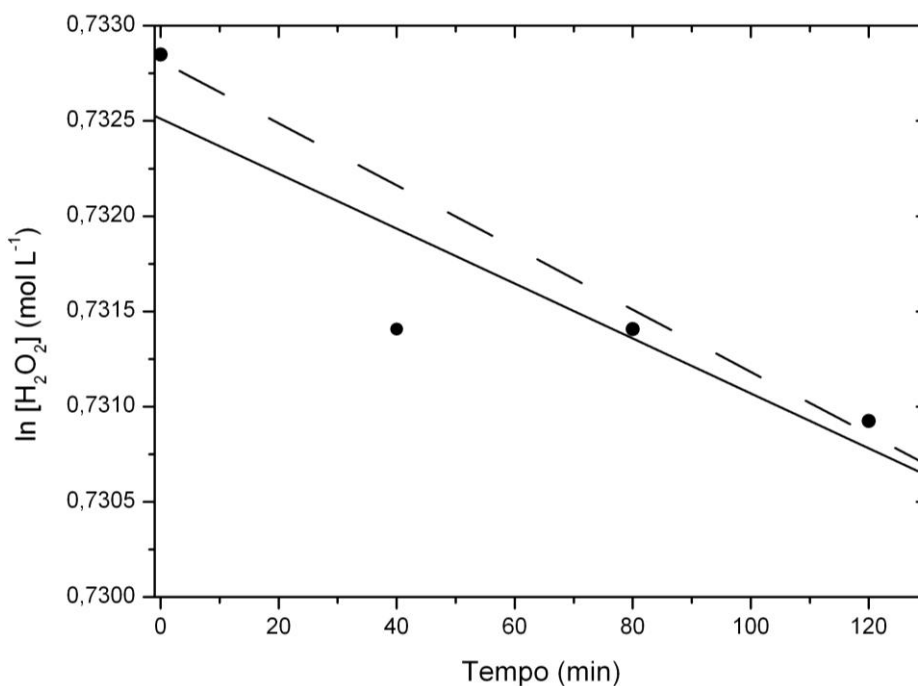


Gráfico 2: Decomposição do peróxido de hidrogênio com o tempo na amostra 2. A linha tracejada considera apenas três pontos. A cheia, todos.

Para esta amostra também foram feitas duas análises. Primeiramente foram considerados todos os valores obtidos. A partir da análise linear dos dados, linha cheia do gráfico, obteve-se uma constante de velocidade k igual a $-1,443 \times 10^{-5}$. Fez-se em seguida uma segunda análise sem considerar o segundo ponto obtido, pois este não seguiu a tendência apresentada pelos outros para a decomposição do peróxido de hidrogênio. Para esta análise, linha tracejada do gráfico, o valor obtido para a constante de velocidade k foi igual a $-1,6319 \times 10^{-5}$. Observou-se também que os valores encontrados para R^2 para as duas análises foram bem distintos. No primeiro caso, $R^2 = 0,8001$ e no segundo caso, $R^2 = 0,9918$. Como o valor de R^2 para o segundo gráfico foi mais próximo de 1, a correlação entre as variáveis x e y neste caso é maior.

Os valores obtidos para a amostra 3 estão representados no Gráfico 3:

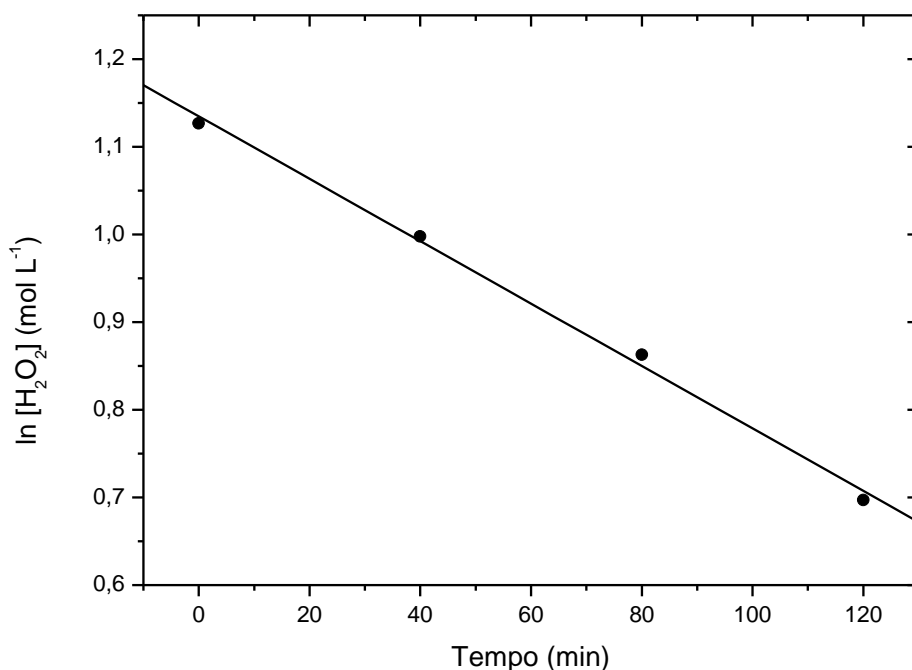


Gráfico 3: Decomposição do peróxido de hidrogênio com o tempo na amostra 3

Para esta amostra, a partir do gráfico construído considerando-se todos os valores obtidos, foi possível perceber que no decorrer do tempo a taxa de degradação do peróxido de hidrogênio foi praticamente constante. A partir da análise linear dos dados, obteve-se uma constante de velocidade k igual a $-0,00356$ e um R^2 igual a $0,9964$.

A amostra 3 foi a que apresentou maior constante de velocidade para a reação de decomposição do peróxido de hidrogênio, e, conseqüentemente, maior perda de peróxido durante os 120 minutos analisados. Já a amostra 2 apresentou menor constante de velocidade, e, conseqüentemente, menor perda de peróxido com o tempo.

4.5 Teste da atividade oxidante

O corante índigo carmim pertence à classe dos indigóis e é um corante sintético aniônico. Sua fórmula molecular é $C_{16}H_{18}N_2Na_2O_8S_2$ e sua massa molar é $466,36 \text{ g mol}^{-1}$. A Figura 2 apresenta sua fórmula estrutural:

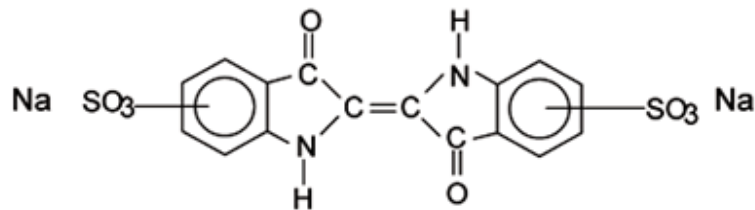


Figura 2: Fórmula estrutural do corante índigo carmim

(Fonte: KAPOR, M. A. et al, 2001)

A análise da degradação do corante artificial índigo carmim pelas amostras líquidas de alvejantes foi acompanhada por espectrofotometria de absorção no UV-Vis.

A espectrofotometria de absorção no UV-Vis é fundamentada na lei de Lambert-Beer, base matemática para medidas de absorção de radiação por amostras no estado sólido, líquido ou gasoso, nas regiões ultravioleta, visível e infravermelho do espectro eletromagnético. Para medidas de absorção de radiação em determinado comprimento de onda, tem-se a equação (3) (SKOOG, D. A. et. al; 2002):

$$A = \log(I_0/I) = \epsilon \cdot l \cdot c \quad \text{equação (3)}$$

em que A é a absorvância, I_0 é a intensidade da radiação monocromática que incide na amostra e I é a intensidade da radiação que emerge da amostra. A absortividade molar (ϵ) é uma grandeza característica da espécie absorvente, cuja magnitude depende do comprimento de onda da radiação incidente. O termo c é a concentração da espécie absorvente e l , a distância percorrida pelo feixe através da amostra (SKOOG, D. A. et. al; 2002).

O princípio da espectrofotometria de absorção no UV-Vis envolve a absorção de radiação ultravioleta visível por uma molécula, causando a promoção de um elétron no estado fundamental para um estado excitado. Um sistema de processamento de dados registra o(s) comprimento(s) de onda em que ocorre a absorção. O espectro resultante é um gráfico de absorvância versus comprimento de onda, normalmente em nanômetros (nm).

Na região do ultravioleta e visível as transições são eletrônicas e ocorrem em porções da molécula chamadas de cromóforos. Os grupos cromóforos possuem ligações químicas insaturadas ou elétrons não ligantes e por isso, podem absorver radiação luminosa. Se esta radiação estiver na região do visível, a substância é colorida.

Fez-se primeiramente a leitura do espectro de uma solução de concentração conhecida do corante e determinou-se graficamente a absorvância dessa amostra no comprimento de onda onde a absorção é máxima. O espectro obtido está representado abaixo:

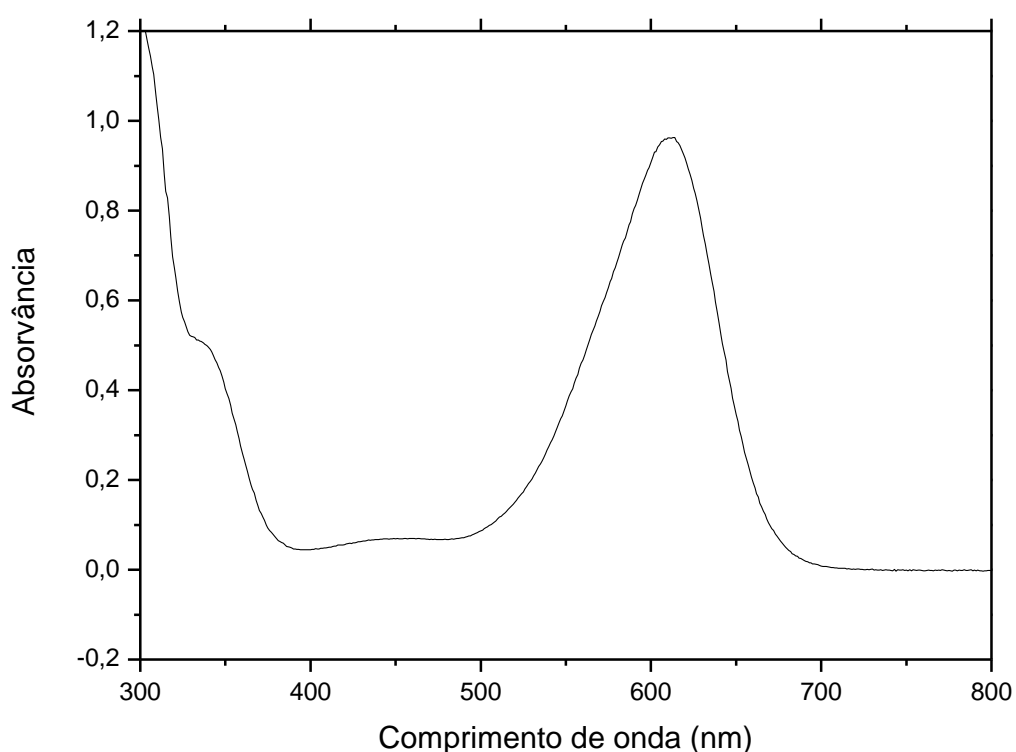


Gráfico 4: Espectro de absorção na faixa do UV-Vis da solução de corante

Os valores determinados graficamente estão indicados na tabela abaixo:

Tabela 8: Resultados da análise UV-Vis da solução de corante

	Absorvância	Comprimento de onda (nm)
Solução de corante (0,05790 mmol L⁻¹)	0,96262	612,98682

A partir da equação (3) foi possível determinar a absorvidade molar do corante utilizado (banda de 612,98 nm). O valor encontrado foi $16625,6 \text{ L cm}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

Os espectros obtidos pela análise das amostras estão representados abaixo:

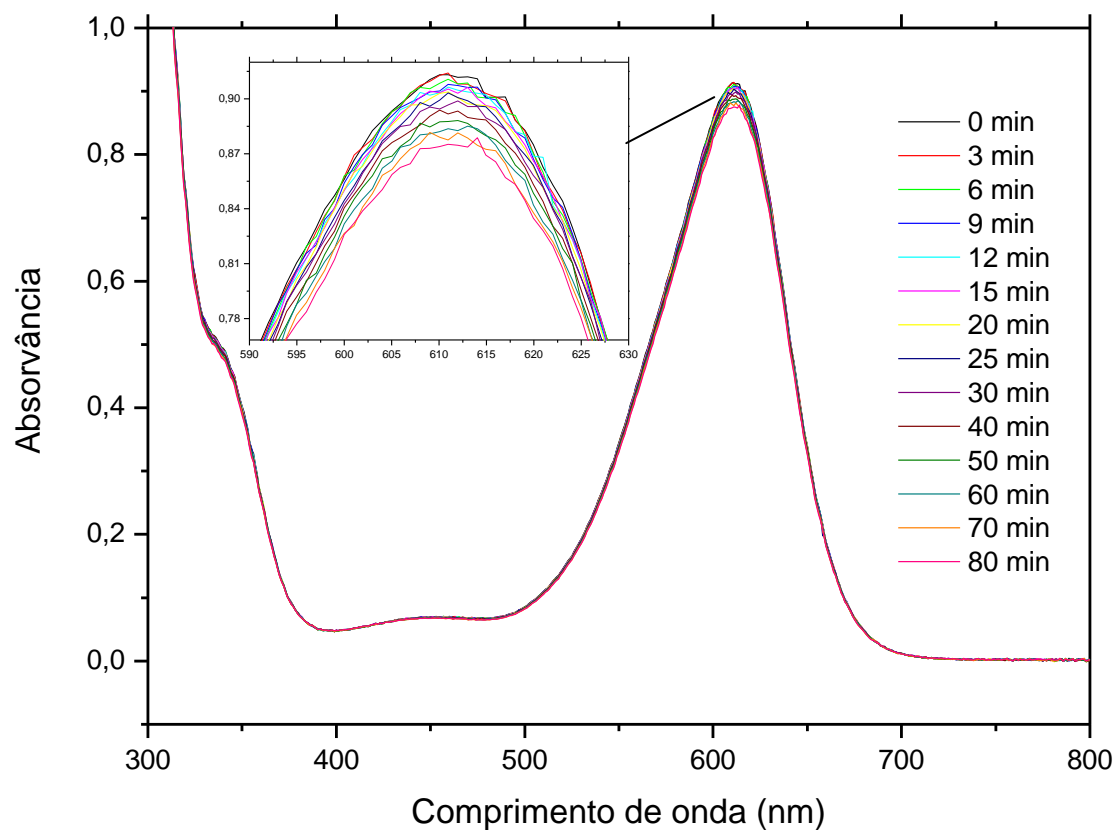


Gráfico 5: Espectro de absorção na faixa do UV-Vis da solução de corante contendo a amostra 1

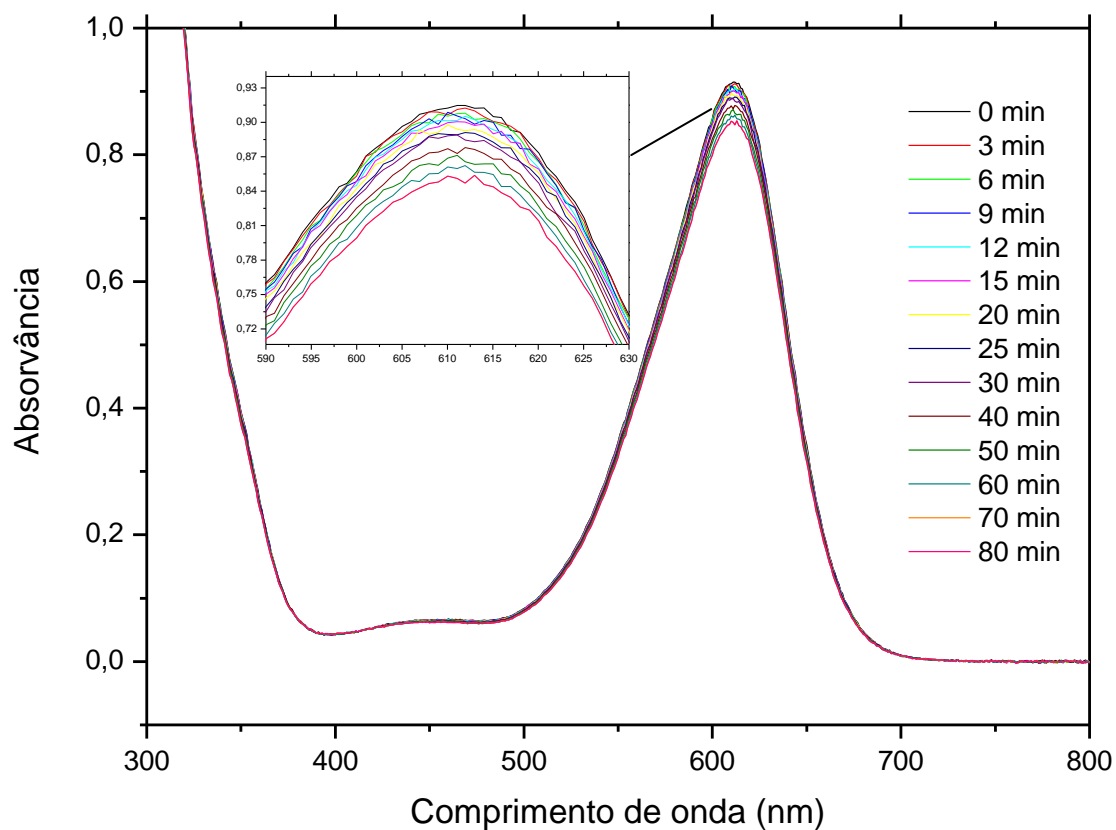


Gráfico 6: Espectro de absorção na faixa do UV-Vis da solução de corante contendo a amostra 2

Os valores para absorvância obtidos pelas análises das amostras estão indicados na Tabela 9. A partir do valor da absorvidade molar encontrado anteriormente, da equação (3) e das absorvâncias determinadas nos espectros, foi possível calcular a concentração de corante na amostra no momento das leituras. As concentrações estão indicadas na Tabela 9 e no Gráfico 7.

Tabela 9: Resultados da análise UV-Vis das soluções de corante com alvejante

Tempo (min)	Amostra 1		Amostra 2	
	Absorbância	Concentração (mmol L⁻¹)	Absorbância	Concentração (mmol L⁻¹)
0	0,91318	0,05493	0,91472	0,05502
3	0,91416	0,05499	0,91240	0,05488
6	0,91073	0,05478	0,90805	0,05462
9	0,90790	0,05461	0,90880	0,05466
12	0,90639	0,05452	0,90524	0,05445
15	0,90624	0,05451	0,90059	0,05417
20	0,90377	0,05436	0,89783	0,05400
25	0,90327	0,05433	0,89109	0,05360
30	0,89884	0,05406	0,88893	0,05347
40	0,89390	0,05377	0,87795	0,05281
50	0,88815	0,05342	0,87119	0,05240
60	0,88513	0,05324	0,86238	0,05187
70	0,88170	0,05303	0,85376	0,05135
80	0,87880	0,05286	0,85376	0,05135

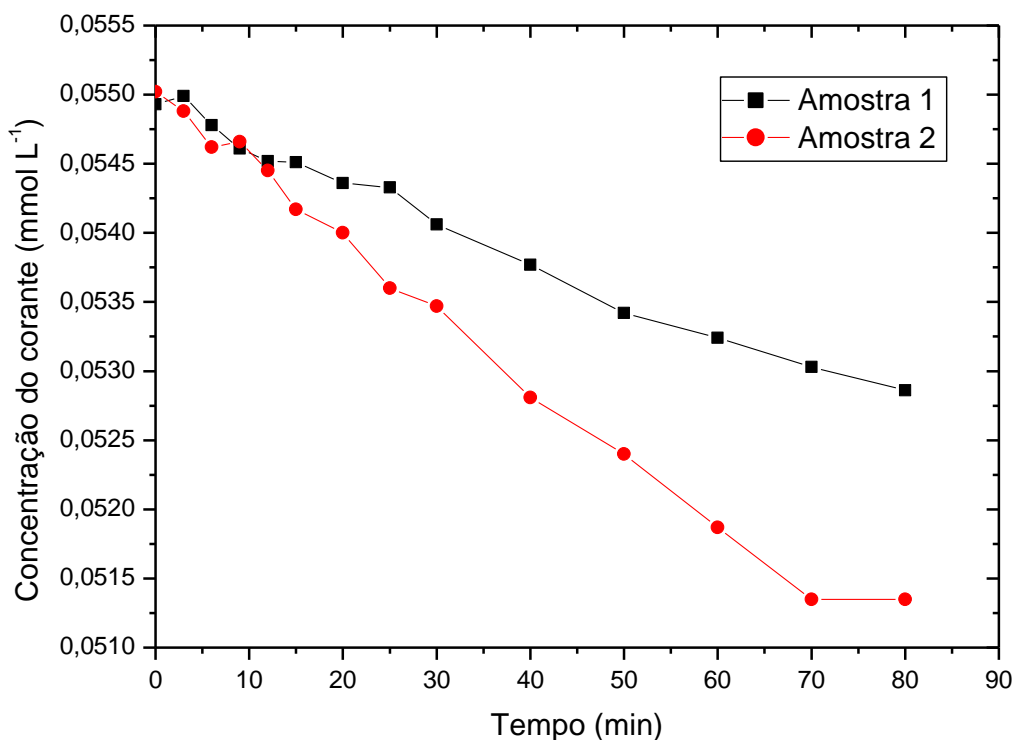


Gráfico 7: Variação na concentração do corante em solução com o tempo.

Calculou-se qual deveria ser a absorvância da amostra caso tivesse adicionado 1,00 mL de água ao invés de 1,00 mL do alvejante. Este cálculo foi feito com o objetivo de se determinar se a diferença entre a concentração inicial da amostra e a concentração obtida na primeira leitura era totalmente devida ao efeito da diluição, ou se nesse momento o alvejante já havia agido na decomposição do corante. Considerando-se apenas a diluição, a concentração da solução no momento inicial da leitura seria de $5,5143 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$. As concentrações iniciais obtidas para a solução com a amostra 1 e para a solução com a amostra 2 foram menores que o valor teórico, o que indica que, nesse momento, parte do corante já havia sido decomposta pelo alvejante.

Como a concentração inicial de corante era a mesma para as duas amostras, comparando-se as concentrações finais deste em solução, conclui-se que a amostra 2 foi mais eficiente na degradação do corante, pois, ao final de 80 minutos, a solução contendo esta amostra apresentou menor concentração de corante. Como a amostra 2 apresentou maior teor de peróxido de hidrogênio que a amostra 1, esperava-se que ela também

apresentasse maior capacidade de degradação do corante. Portanto, acredita-se que a eficiência de um alvejante na remoção de manchas esteja relacionada ao teor de peróxido de hidrogênio presente neste.

5. CONCLUSÃO

Foi possível determinar o percentual de peróxido de hidrogênio nas amostras de alvejantes comerciais por permanganometria. Os valores obtidos não puderam ser analisados, visto que ainda não há uma legislação que determina o teor máximo de peróxido de hidrogênio permitido em alvejantes à base desse composto e os rótulos também não continham nenhuma informação acerca desse teor. O percentual encontrado para a amostra sólida foi maior que o encontrado para as amostras líquidas.

Os testes de estabilidade das amostras permitiram avaliar a variação na concentração do peróxido de hidrogênio em solução com o tempo. As amostras líquidas apresentaram maior estabilidade que a amostra sólida.

Assim, o maior percentual de peróxido de hidrogênio presente na amostra sólida é devido à sua menor estabilidade durante o processo de lavagem. Caso esse teor inicial fosse baixo, em um pequeno intervalo de tempo já não haveria mais peróxido em solução, e o processo de remoção de manchas não seria eficiente.

O teste do poder oxidante de cada amostra líquida permitiu avaliar a eficiência destes alvejantes na degradação do corante artificial índigo carmim.

Como a amostra que apresentou maior eficiência na degradação do corante artificial foi também a que apresentou maior percentual de peróxido de hidrogênio, conclui-se que a eficiência de um alvejante na remoção de manchas depende do teor de peróxido de hidrogênio presente neste.

Em trabalhos futuros abordando esse assunto podem ser feitas análises de um maior número de amostras comerciais de alvejantes sem cloro, a fim de confirmar ou não a afirmação de que a melhor eficiência na remoção de manchas ocorre para alvejantes com maior percentual de peróxido de hidrogênio. Sugere-se também fazer o teste de estabilidade em um intervalo maior de tempo, para uma melhor avaliação da degradação do peróxido de hidrogênio durante o processo de lavagem.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Portaria SVS 57, de 11 de julho 1995. Disponível em: <http://www.pragas.com.br/legislacao/bancodedados/port57-95.php>. Acesso em: 30 nov. 2010.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução nº 1, de 27 de novembro 1978. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/01_78.htm. Acesso em: 30 nov. 2010.

CARSON, P. A.; FAIRCLOUGH, C. S.; MAUDUIT, C.; COLSELL, M. *Peroxy bleaches Part 1. Background and techniques for hazard evaluation*. Journal of Hazardous Materials, v. A136, p. 438-445, 2006.

CARSON, P. A.; FAIRCLOUGH, C. S.; MAUDUIT, C.; COLSELL, M. *Peroxy bleaches Part 2. Dermination of the thermodynamic and kinetic chemistry of some peroxy compounds*. Journal of Hazardous Materials, v. 136, p. 446-454, 2006.

CORRÊA, L. M. L. *Saneantes domissanitários e saúde: um estudo sobre a exposição de empregadas domésticas*. 2005. 94f. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Núcleo de Estudos em Saúde Coletiva, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

GALWEY, A. K.; HOOD, W. J. *Thermal decomposition of sodium carbonate perhydrate in the solid state*. The Journal of Physical Chemistry, v. 83, n. 14, p. 1810-1815, 1979.

KAPOR, M. A.; YAMANAKA, H.; CARNEIRO, P. A.; ZANONI, M. V. B. *Eletroanálise de corantes alimentícios: determinação de índigo carmim e tartrazina*. Eclética Química, v. 26, São Paulo, 2001.

KUMBASAR, E. P. A.; KÖRLÜ, A. E. *The effects of activator on whiteness and hydrohility during the hyrogen peroxide bleaching*. Tekstil ve Konfeksiyon, v.1, p. 50-57, 2011.

REVISTA H&C – HOUSEHOLD & COSMÉTICOS. “Alvejantes e águas sanitárias”. Disponível em:

<http://www.freedom.inf.br/revista/hc61/alvejantesAguaSanitaria.asp>.

Acesso em: 25 nov. 2010a.

REVISTA H&C – HOUSEHOLD & COSMÉTICOS. “Diversidades de aplicações é destaque em alvejantes”. Disponível em:

http://www.freedom.inf.br/revista/hc33/destsazo_holsehold_sesforco.asp.

Acesso em: 30 nov. 2010b.

REVISTA H&C – HOUSEHOLD & COSMÉTICOS. “Peroxy-Blend® uma alternativa para sistemas oxidantes em meio alcalino”. Disponível em:

http://www.freedom.inf.br/artigos_tecnicos/03052006/peroxy_blend.asp.

Acesso em: 30 nov. 2010c.

REVISTA H&C – HOUSEHOLD & COSMÉTICOS. “Segmentação direciona crescimento em alvejantes”. Disponível em:

<http://www.freedom.inf.br/revista/hc43/household.asp>. Acesso em: 25 nov.

2010d.

REVISTA ESPUMA. “Alvejantes e águas sanitárias – uma nova geração”.

Disponível em:

[http://editorastilo.com.br/portal/pdf/revistas/espuma/ed%20\(02\)%20fevereiro%202011.pdf](http://editorastilo.com.br/portal/pdf/revistas/espuma/ed%20(02)%20fevereiro%202011.pdf). Acesso em: 21 maio 2011a.

REVISTA ESPUMA. “Detergentes: introdução e história”. Disponível em:

[http://editorastilo.com.br/portal/pdf/revistas/espuma/ed%20\(03\)%20abril%202011.pdf](http://editorastilo.com.br/portal/pdf/revistas/espuma/ed%20(03)%20abril%202011.pdf). Acesso em: 21 maio 2011b.

SHREVE, R. N.; JR., J. A. B. *Indústrias de processos químicos*. Trad. Horacio Macedo. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A., 1997.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. *Princípios de Análise Instrumental*. Editora Bookman, 5ª Edição, 2002.