

## ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS DO LICOR NEGRO

Joelma Ribeiro de Melo (FATEB) E-mail: [rmjoelma@gmail.com](mailto:rmjoelma@gmail.com)

Janaína Fernandes Medeiros (FATEB) E-mail: [janaina.medeiros@kemira.com](mailto:janaina.medeiros@kemira.com)

Rubiane Ganascim Marques (FATEB) E-mail: [rubianegm@gmail.com](mailto:rubianegm@gmail.com)

Alexandre Augusto de Andrade (FATEB) E-mail: [alexandre.andrade@fatebtb.edu.br](mailto:alexandre.andrade@fatebtb.edu.br)

**Resumo:** O licor negro é um subproduto do processo de cozimento Kraft utilizado na fabricação de polpa celulósica para posterior utilização para fabricação de papel. O estudo das variações das propriedades do licor negro é importante devido as mesmas determinarem o comportamento do licor nas unidades industriais de recuperação. As propriedades mais importantes do licor negro são aquelas relacionadas com as características do processo de transferência de calor, que são: composição química, viscosidade, densidade, elevação do ponto de ebulição, calor específico e tensão superficial. Todas estas propriedades dependem da temperatura e do teor de sólidos contido no licor. Alguns deles também dependem da composição específica dos sólidos no licor, a qual representa a quantidade de sólidos no licor produzido por unidade de produção de polpa, variando consideravelmente, dependendo primeiramente do tipo de polpa produzida. O objetivo do presente trabalho é o estudo da influência da temperatura e do teor de sólidos na tensão superficial e densidade do licor negro.

**Palavras-chave:** Licor negro, densidade, tensão superficial, teor de sólidos.

## STUDY OF CHARACTERISTICS OF BLACK LIQUOR

**Abstract:** Black liquor is a byproduct of the Kraft cooking process used in the manufacture of pulp for later use for papermaking. The study of variations of the properties of black liquor is important because they determine the behavior of the liquor in the industrial units of recovery. The most important properties of black liquor are those related to the characteristics of the process of heat transfer, which are: chemical composition, viscosity, density, elevation of boiling point, specific heat and surface tension. All these properties depend on temperature and solids contained in the liquor. Some of them also depend on the specific composition of the solids in the liquor, which represents the amount of solids in the liquor produced per unit of production of pulp, ranging considerably, depending primarily on the type of pulp produced. The purpose of this research is to study the influence of temperature and solids percentage on the surface tension and density of black liquor.

**Keywords:** Black liquor, density, surface tension, solids percentage.

### 1. INTRODUÇÃO

O setor de celulose e papel é um dos setores que mais cresce no Brasil e no mundo. O Brasil é o maior produtor de celulose de fibra curta, o 4º maior de celulose e o 12º produtor de papel no mundo (brascelpa, 2009). O crescimento médio anual da produção de celulose no Brasil está em torno de 7,5% e de papel 5,8%.

Segundo GROSSI (2002), aproximadamente 91% das pastas celulósicas produzidas são pelos processos químicos e semiquímicos alcalinos. Destes o processo Kraft ocupa lugar de destaque com cerca de 80% do total de pasta celulósica produzida no Brasil.

O processo kraft usa hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na<sub>2</sub>S) como produtos químicos para o cozimento. Concluída a etapa de cozimento, os residuais químicos e as substâncias dissolvidas formam a solução aquosa que é chamada de licor negro um sub produto do processo de polpação da madeira. O processo kraft de recuperação processa o licor negro fraco e regenera os produtos químicos de cozimento. (SENAI-CETCEP,2007). Para que o processo de polpação tenha viabilidade econômica, a soda que reagiu com as fibras celulósicas, deve ser recuperada. Além disso, a obtenção de energia térmica proveniente da incineração dos compostos orgânicos contidos no licor negro via queima na caldeira de recuperação, visa reduzir o consumo energético, tornando menores os custos de produção. A inexistência de um sistema de recuperação neste processo, e a conseqüente descarga do licor negro em rios significariam desperdiçar combustível e reagentes, além de provocar poluição

no meio ambiente. (MORAIS et al; 2000).

O ciclo altamente complexo de recuperação do licor negro recupera energia e produtos químicos do processo de polpação. O seu desenvolvimento ao longo dos anos tem ocorrido com um conhecimento limitado das propriedades mais importantes do licor negro. Na época em que a energia era barata, o tratamento do licor negro como uma solução ideal tinha as suas justificativas, mas, à medida que aumentaram as exigências para a recuperação de energia e a obtenção de concentrações mais altas de sólidos, cresceu também a necessidade de informações mais detalhadas e precisas sobre o mesmo. (CARDOSO FILHO et al; 2000).

### 1.1 Composição e Propriedades do Licor Negro

As substâncias no licor negro derivam de duas fontes diferentes: da madeira e do licor de cozimento. Os materiais orgânicos derivados da madeira são provenientes dos extrativos, da lignina e da fração de carboidratos, principalmente hemiceluloses e parte da celulose. Os constituintes orgânicos se combinam com o hidróxido de sódio (NaOH) na forma de sais de sódio. Os principais constituintes inorgânicos no licor negro são originários do licor branco usado no cozimento e também pequenas quantidades de inorgânicos podem entrar com a madeira. Existem consideráveis diferenças entre licores procedentes de espécies diferentes, especialmente entre folhosas e coníferas. A composição do licor negro depende do tipo de processo de polpação utilizado, principalmente por causa das diferentes reações que ocorrem em cada um deles. Depende também das condições de cozimento da polpa e da espécie de madeira utilizada. (SENAI-CETCEP,2007).

As propriedades físicas do licor são função da sua composição química e são estas propriedades que determinam o comportamento do licor nas unidades industriais de recuperação. (CARDOSO, 1998 *apud* SANTOS, 2007, p. 10). No processo de polpação, estas propriedades dependem das matérias-primas usadas, o processo condiciona o equipamento utilizado e o tratamento do licor após a polpação. As propriedades do licor não são constantes. Elas mudam de acordo com o fluxo do licor no digestor, na lavagem da polpa, na evaporação, e no armazenamento. (GULLICHSEN e FOGELHOLM, 2000). As propriedades mais importantes do licor negro são aquelas relacionadas com as características do processo de transferência de calor, que são: composição química, viscosidade, densidade, elevação do ponto de ebulição, calor específico e tensão superficial. Todas estas propriedades dependem da temperatura e dos sólidos contidos no licor. (SENAI-CETCEP,2007). Alguns deles também dependem da composição específica dos sólidos, a qual representa a quantidade de sólidos no licor por unidade de produção de polpa, variando consideravelmente, dependendo primeiramente do tipo de polpa produzida. Quanto ao uso do licor negro como combustível alternativo na caldeira de recuperação, percebe-se imediatamente que, face as grandes concentrações de energia, pequenos erros experimentais têm um impacto grande nos balanços energéticos, visto que, infelizmente, os dados disponíveis na literatura sobre propriedades térmicas de licores são escassos e às vezes de qualidade duvidosa.

Projetos visando melhorias nos processos associados à recuperação do licor negro deverão, portanto, se utilizar de informações cada vez mais precisas, não só para propriedades termodinâmicas mas também sobre outras propriedades, tais como: calor de vaporização, pressão de vapor, calor de reação, densidade, viscosidade, condutividade térmica e tensão superficial. Tais fatos demonstram a necessidade de um número bem maior de medidas experimentais de alta qualidade. (CARDOSO FILHO et al, 2000).

## 2. OBJETIVO

O presente trabalho é um estudo da influência da temperatura e do teor de sólidos na tensão superficial e densidade do licor negro oriundo do processo Kraft de uma planta de celulose e papel.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a caracterização física do licor negro, foram utilizadas amostras de licor “in natura” proveniente do cozimento de uma mistura de madeiras do processo kraft, em água deionizada com diferentes concentrações.

### 3.1 Determinação da tensão superficial do licor negro – Método do anel de “Du Nouy”

Os materiais utilizados para a realização do experimento: 01 tripé universal delta com sapatas niveladoras e amortecedoras; 01 haste principal de 800mm; 01 suporte com mufa; 01 dinamômetro de 0,1N com divisões de 0,01N; 01 corpo de prova de alumínio; 01 plataforma elevatória; 02 béquer de 500ml; 01 paquímetro; 01 bureta 50ml; 01 pipeta graduada de 10ml; 01 pêra insufladora ; pisset com água destilada; Amostra de licor negro residual do processo kraft.

Quanto à determinação da tensão superficial a temperatura constante e ambiente, com o auxílio do módulo de tensão superficial composto de uma plataforma elevatória, fio de nylon, anel de alumínio (raio externo=24,07mm), e um béquer, consiste nas etapas básicas, a saber: primeiramente nivela-se a plataforma elevatória, coloca-se 100ml do líquido a ser estudado num béquer sobre a plataforma elevatória, suspende-se o anel no dinamômetro, que é posto em contato a superfície da solução contida no béquer, ao mesmo tempo se abaixa a plataforma elevatória até o anel estar submerso cerca de 4mm. Quando ao descer lentamente a plataforma elevatória, pode-se observar a formação de uma película entre o anel e o líquido e sua extensão, enquanto observava-se a indicação do dinamômetro até o seu rompimento. A máxima força exercida pelo braço de torção ocorre quando o anel desprende da superfície. Neste instante, a leitura do valor da força de desprendimento é lida na escala do dinamômetro. Repetiu-se o procedimento para as demais amostras diluídas do licor negro.

Para a determinação da tensão superficial variando a temperatura, o processo é o mesmo, no entanto, utilizou-se uma manta de aquecimento para aquecer e manter a temperatura desejada, além de um termômetro indicador da temperatura, realizando o experimento da forma descrita acima; variou-se a temperatura entre 20, 40, 60 e 80 °C.

A equação utilizada para o cálculo da tensão superficial é:

$$\gamma = \frac{F - P}{2\pi(R_{int} + R_{ext})} \quad (\text{equação 1})$$

Onde,

F é a força (N) de desprendimento do anel da solução.

P é o peso(N) do anel.

R é o raio(m) interno e externo do anel.

$\gamma$  é a tensão superficial.

### 3.2 Determinação do teor de sólidos

Para a determinação do teor de sólidos neste experimento de análise do licor negro, os seguintes materiais foram utilizados: béquer de 50 ml; 01 balança analítica; 01 pipeta graduada de 5ml; pêra insufladora; estufa de esterilização e secagem; luvas de borracha; toalhas de papel; amostras de licor negro “in natura” em água; dessecador, termômetro.

Foram selecionadas onze amostras de licor negro “in natura” em água com diferentes concentrações volumétricas para realizar o estudo; a fim de evitar que a umidade interferisse no desenvolvimento do processo e conseqüentemente, diminuindo a fonte de erro experimental, as amostras foram mantidas na estufa para secagem durante 48 horas a 60°C e posteriormente levadas ao dessecador para esfriarem. Houve a leitura da temperatura ambiente, 20°C, pelo termômetro. As amostras, enumeradas em suas respectivas diluições, encontravam-se em béqueres e foram pesados um a um na balança analítica, primeiramente vazios antes da secagem na estufa e em seguida, após determinado tempo na estufa, com uma quantidade de massa do licor de aproximadamente 5g. Após a pesagem, foram feitas determinações sobre o teor de sólidos em porcentagem de cada amostra.

$$\% \text{ Sólidos} = \frac{M_{\text{final}} - M_{\text{béquer}}}{M_{\text{inicial}}} \times 100 \quad (\text{equação 2})$$

### 3.3 Determinação da densidade do licor negro

Quanto à determinação da densidade do licor negro, utilizou-se para tal: provetas de 10ml; pisset com água destilada; amostras de licor negro “in natura” em água; termômetro; toalhas de papel; balança analítica; luvas de borracha, pipeta graduada de 10ml; pêra insufladora.

Para o estudo, utilizou-se 04 provetas que foram enumeradas e pesadas, na balança analítica (vazias, massa inicial). Em seguida, com o auxílio de uma pipeta graduada, foram colocados 10 ml de cada amostra em cada proveta. Houve uma nova pesagem das provetas, desta vez, com as amostras de licor. Foi colocado com o auxílio de uma pipeta graduada, 10ml de água em uma proveta e então foi verificada a medida (massa final e total).

Após o cálculo da variação de peso (Massa total = Massa final - Massa inicial), pôde-se calcular a densidade relativa do licor,  $\rho$ , em relação à água a mesma temperatura de 20°C (leitura da temperatura pelo termômetro) e através desta, calculada a densidade do licor de cada amostra (dados na tabela 4), através das equações:

Densidade,

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{equação 3})$$

Da equação 3 tem-se,

$$\rho_{\text{Licor}} = \frac{m_{\text{licor}}}{V} \quad \rho_{\text{Água}} = \frac{m_{\text{Água}}}{V}$$

Densidade relativa,

$$\rho = \frac{\rho_{Licor}}{\rho_{Água}} = \frac{m_{licor}/V}{m_{Água}/V} = \frac{m_{licor}}{m_{Água}} \quad (\text{equação 4})$$

Densidade do licor Negro,

$$\rho_{Licor} = \rho \times \rho_{Água} \quad (\text{equação 5})$$

Para efetuar a correção da temperatura, o  $\rho_{Licor}$ , densidade do licor negro, está na temperatura em que se realiza a medição, e o  $\rho_{Água}$ , a densidade da água, está a mesma temperatura.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise em laboratório, os resultados apresentados, permitem o estudo da influência das propriedades físicas sobre o comportamento do licor negro.

Esta apresentado na tabela 1 os resultados obtidos da variação da concentração do licor negro em relação a tensão superficial

Tabela 1. Valores de coeficiente de tensão superficial, obtido no experimento a temperatura ambiente.

<i>Licor</i>	<i>Força (N)</i>	<i>Coeficiente de Tensão Superficial (10<sup>-2</sup> N/m)</i>
1:2	0,061	2,3892
1:3	0,062	2,3892
1:4	0,063	3,0718
1:5	0,062	2,3892
1:10	0,074	6,82632
1:25	0,078	8,19152
1:50	0,078	8,1915
1:75	0,079	8,5339
<b>1:100</b>	0,080	8,8742

Pode-se observar que a força de desprendimento é inversamente proporcional a concentração de licor negro nas amostras.

Na figura 1 está apresentado os resultados obtidos da variação da tensão superficial em relação a mudança de concentração do licor.

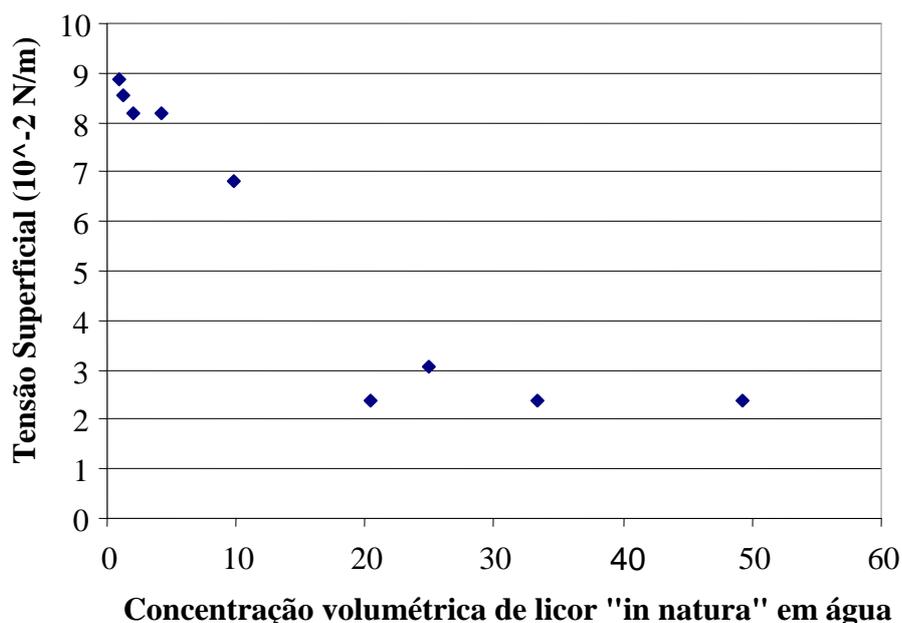


Figura 1. Resultados obtidos da tensão superficial com a variação de concentração de licor negro "in natura" em água.

Observa-se que a tensão superficial da mistura de água e licor negro aumenta conforme a concentração do licor diminui (Figura 1). Este fenômeno pode ser explicado com base nas interações moleculares existentes na mistura. A água atrai fracamente o licor negro, apenas interage favoravelmente com parte de sua molécula, assim, conforme a concentração de licor na solução diminuiu, a tensão aumenta se aproximando do valor de água pura.

A tabela 2 apresenta os resultados obtidos para a influência do teor de sólidos na tensão superficial e densidade.

Tabela 2. Caracterização do licor negro, valores encontrados de densidade e tensão superficial para o licor negro a temperatura ambiente com diferentes concentrações de sólidos.

Licor	% Teor de Sólidos	Densidade do Licor (g/ml)	Coefficiente de Tensão Superficial ( $10^{-2}$ N/m)
2:1	6,161346	1,0662	2,3892
1:1	8,509836	1,0324	2,7305
1:2	12,86018	1,0261	2,3892
1:3	4,824832	1,0157	2,3892
1:4	3,719033	1,0093	3,0718
1:5	3,200031	1,0022	2,3892
1:10	1,876228	0,9943	6,82632
1:25	1,167254	0,9876	8,19152
1:50	0,356132	0,9884	8,1915
1:75	0,187355	0,9868	8,5339
<b>1:100</b>	0,088861	0,9873	8,8742

Observa-se que a densidade do licor diminui conforme ocorre a redução do teor de sólidos.

Quanto à tensão superficial, pode-se dizer que ela aumenta com a redução do teor de sólidos. Foi observado que para altas concentrações de sólidos, ocorreu a formação de uma película mais resistente entre o líquido e o anel, e conforme o teor de sólidos se aproximou de zero, esta película diminuiu tornando-se menos resistente até ser totalmente inexistente para concentração igual a zero.

Os dados obtidos de tensão superficial com a variação da concentração de sólidos totais do licor negro encontram-se na figura 5.

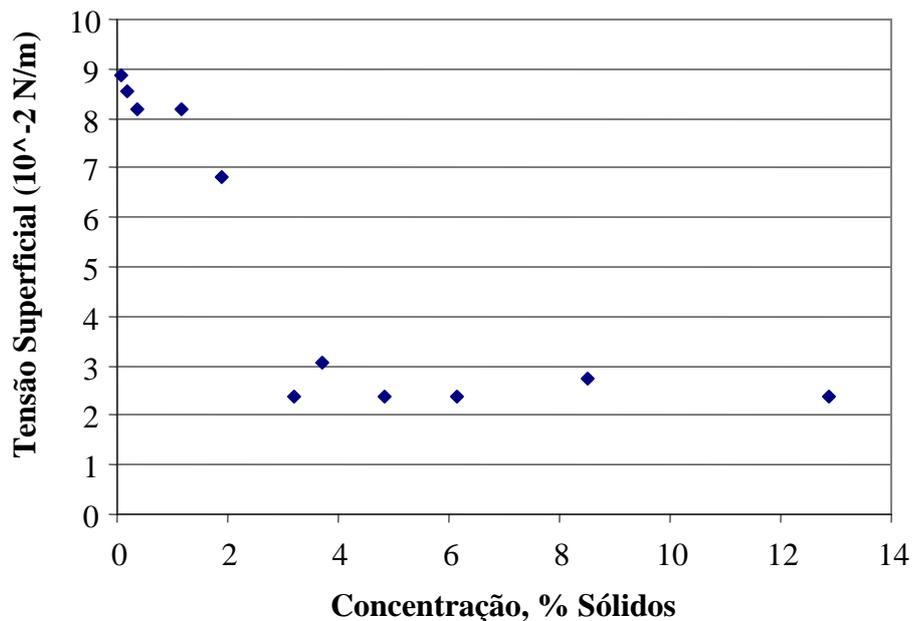


Figura 2. Tensão superficial em função da variação da concentração de sólidos.

Com base na figura 2, observa-se que a tensão superficial da mistura de água e licor negro aumenta conforme a concentração de sólidos totais do licor diminui.

O teor de sólidos contido no licor negro também tem influência nas propriedades de densidade do licor. Encontra-se na figura 3 os dados obtidos de densidade em função da variação da concentração de sólidos totais do licor negro.

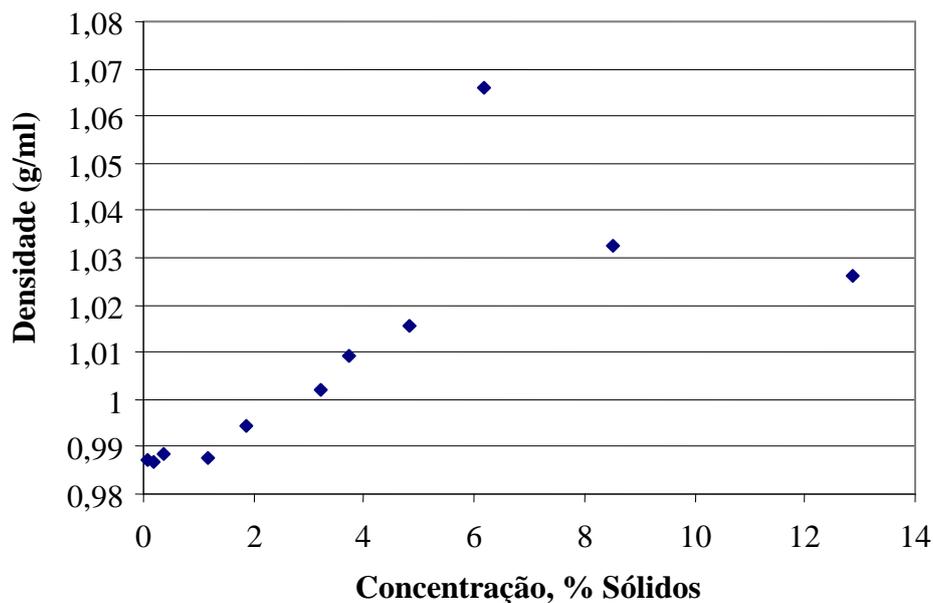


Figura 3. Densidade em função da variação da concentração de sólidos.

Pode-se observar na figura 3, que conforme ocorre a redução do teor de sólidos na amostra, também ocorre a diminuição da densidade. O comportamento não linear da relação entre densidade e concentração de sólidos, torna-se mais e mais pronunciado com o aumento da concentração de sólidos quanto maior se torna o teor de inorgânicos, derivados do residual de álcali total ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$  e  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), acarretando ao aumento da densidade do mesmo.

A densidade é uma relação entre a massa de licor e volume ocupado pelo licor, determinada a partir de sua composição sendo proporcional à concentração de sólidos, e a tensão superficial é a força que se opõe ao aumento da área do líquido (LACERDA et al), devido às fortes ligações intermoleculares, quando o anel é posto em contato com a sua superfície em repouso, onde a película superficial exerce uma força na própria superfície do licor “in natura” em água. O comportamento da relação entre a tensão superficial e densidade do licor negro pode ser observado na figura 4.

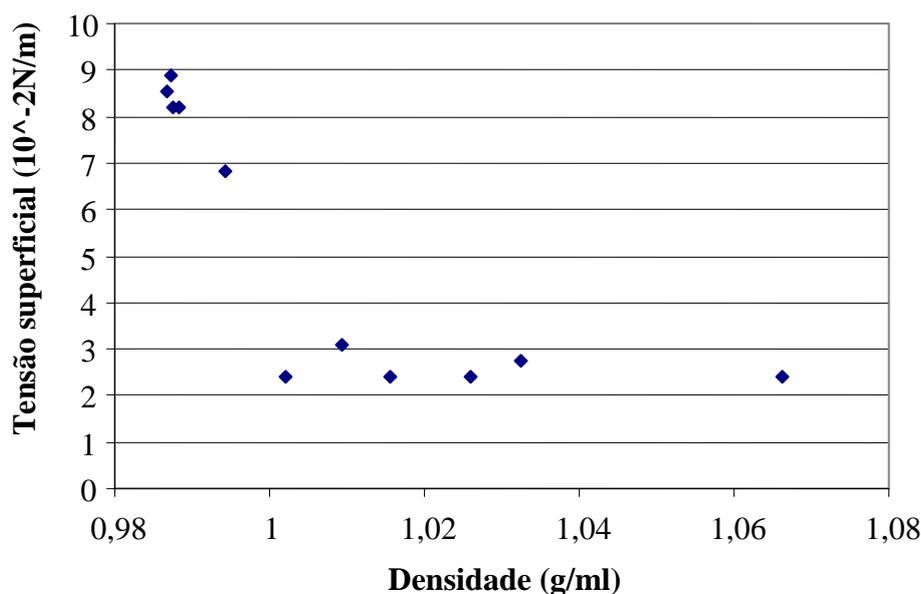


Figura 4. Tensão superficial em função da variação da densidade do licor negro.

A partir da figura 4, pode-se observar que a tensão superficial diminui com o aumento da densidade, através de uma relação linear. Isto pode ser explicado, porque, adicionando-se água ao licor negro com tensão superficial inferior, este tenderá a dirigir-se para a superfície da solução, num processo espontâneo que resulta na diminuição da tensão superficial da solução em relação à água pura. Quanto maior a concentração do licor negro de menor tensão superficial, menor será a tensão superficial da solução em relação à água pura e maior será a densidade devido a maior massa e volume ocupados pelo licor em relação à água pura.

Utilizaram-se amostras de licor negro, inicialmente a uma determinada concentração de sólidos, para análise da tensão superficial variando-se a temperatura de 20 a 80°C. Os resultados apresentados na tabela 3 demonstram o comportamento da tensão superficial do licor negro em diferentes temperaturas.

Tabela 3. Caracterização do licor negro, valores encontrados de tensão superficial para o licor negro a diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	Tensão Superficial (N/m)			
	Licor 2:1 S=6,161346%	Licor 1:4 S=3,719033%	Licor 1:10 S=1,876228%	Licor 1:50 S=0,356132%
20	0,044370883	0,054610318	0,068262898	0,078502332
40	0,034131449	0,054610318	0,061436608	0,075089187
60	0,034131449	0,054610318	0,061436608	0,064849753
80	0,030718304	0,051197173	0,054610318	0,054610318

A partir da tabela 3 pode-se observar que a medida que a temperatura aumenta a tensão superficial diminui. Outra observação é que a medida que a concentração do licor negro diminui a tensão superficial tende a aumentar.

Os dados obtidos de tensão superficial com a variação da temperatura do licor negro encontram-se na figura 5.

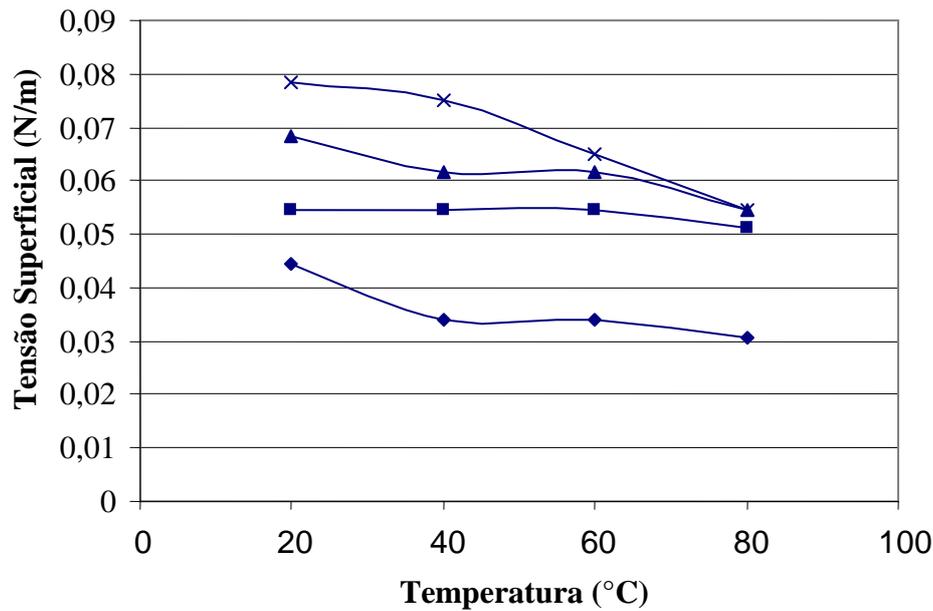


Figura 5. Tensão superficial com a variação da temperatura do licor negro. As curvas obtidas e os símbolos representam os dados experimentais. Legenda: ◇, licor 2:1; □, licor 1:4; Δ, licor 1:10; ×, licor 1:50.

A figura 5 apresenta o comportamento da tensão superficial em diferentes temperaturas. Como esperado a tensão superficial de cada amostra de licor negro diminui com o aumento da temperatura. Observa-se também que quanto maior a concentração e o teor de sólidos do licor, menor é a tensão superficial. Este fenômeno pode ser explicado quanto maior for a distância entre as partículas do licor “in natura” em água, maior a capacidade de compressibilidade, logo, as partículas cristalinas passam diretamente para o estado líquido, pois elas se separam à determinada temperatura, ocupando um maior volume em relação à água pura, abaixando o valor da tensão superficial do licor negro.

## 5. CONCLUSÃO

Com base na caracterização física do licor negro, verificamos que a concentração tem influência no coeficiente de tensão superficial. A redução da concentração leva a elevação do coeficiente de tensão superficial do licor negro.

A concentração de sólidos totais presente no licor negro tem influência nas propriedades de densidade e do coeficiente de tensão superficial. O aumento da densidade do licor mostrou-se proporcional à concentração de sólidos, devido à maior massa de licor negro presente nas soluções mais concentradas. Entretanto um maior teor de sólidos acarreta a diminuição da tensão superficial. A densidade é diretamente proporcional à concentração de sólidos, o que não ocorre com a tensão superficial. Com o aumento da tensão superficial a densidade do licor diminui, através de uma relação linear.

A temperatura tem influência no comportamento do licor negro. O aumento da temperatura diminui a tensão superficial quanto maior a concentração de sólidos no licor negro.

Tais resultados demonstram a importância de medidas de precisão adequada para a caracterização experimental de materiais de processo que subsidiarão à otimização da etapa

de recuperação, a um projeto adequado das instalações e equipamentos no sistema de recuperação química do licor negro, com consequências benéficas do ponto de vista econômico e ambiental, como uma ferramenta útil na seleção das condições apropriadas do processo.

## REFERÊNCIAS

**Barbosa, C. M. L.** *Análise e Predição da Geração de Vapor e Emissões Atmosféricas da Caldeira de Recuperação por Análise Multivariada*. 2004.128p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

**FILHO, Lúcio Cardoso. SIMÕES, Márcia Regina. WOLFF, Fred.** *Propriedades Térmicas do Licor Negro de Processo Kraft*. CIADICYP (2000).

**G. Cardoso,** *Fabricação de Celulose*, Ed: Senai, Curitiba – PR, Vol 1, 2006.

**G. Costa, M. Cardoso, S. Park, H. Brandão,** *Desenvolvimento de uma metodologia para análise e determinação dos coeficientes globais de transferência de calor de uma unidade de evaporação de licor negro*. O papel – ano LXVI nº11, 2005. São Paulo – SP.

**GROSSI, R. C.,** Estudo da reação de caustificação, Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá, 2002

**GULLICHSEN, Johan. FOGELHOLM, Carl-Johan.** *Papermaking Science and Technology Book 6*. Fapet Oy, Helsinki, Finland 2000.

**LACERDA, Aderjane. F. SANTOS, Luciana P. ANDRADE, Sílvia M. A. de. FRANCO, Moilton R. Jr.** *Determinação experimental da Tensão Superficial de Líquidos Puros*. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/regeq9/adejane.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2010.

**MORAIS, Rosa Lúvia Carvalho; BENACHOUR, Mohrand; DUARTE-COELHO, Antônio Carlos.** *Estudo da Caracterização Reológica do licor Negro do Processo Soda/ Bambusa vulgaris schrad e do Efeito da Aplicação do Peróxido de Hidrogênio*. Disponível em: <<http://ciadicyp.unam.edu.ar/trabajos/trabajos/varios/Coelho-78-UFP-Br.pdf>>. Acesso em 10 de julho de 2010.

**SANTOS, Paulo Renato dos.** *Análise Termodinâmica de um Sistema de Cogeração com Gaseificação de Licor Negro*. Disponível em: <<http://cutter.unicamp.br/document/?code=vtls000423954&fd=y>>. Acesso em 10 de julho de 2010.

**SENAI-CETCEP.** *TMP-Tecnologia de Matérias primas, 08-Evaporação*. (Apostila, Curso de técnico em celulose e papel, Centro de Tecnologia em Celulose e Papel, Telêmaco Borba-Paraná, 2007).

**SILVA, Flávia A. RESTREPO, Alfredo. RODRIGUES, Lucas A. GEDRAITE, Rubens.** *Aumentando a geração de energia com o conceito High Power em caldeiras de recuperação*. O Papel, São Paulo, SP, ano LXIX, n. 12, p. 86-94, dez. 2008.

**TENSÃO SUPERFICIAL NOS LÍQUIDOS.** Disponível em: <http://www.fisica.ufs.br/CorpoDocente/egsantana/fluidos/tension/introduccion/introduccion.htm>. Acesso em: 5 julho/2010.