

AVALIAÇÃO DE SURFACTANTES PARA CONTROLE DE STICKIES NA PRODUÇÃO DE PAPEL RECICLADO

Vássia C. Soares^{1*}, Rubens C. Oliveira²

¹Estudante de Mestrado, ²Professor Titular,

*Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000 - Viçosa - MG - Brasil

RESUMO

A presença de contaminantes no processo de reciclagem de papel que se aglomeram e formam depósitos, podem causar danos de produtividade e econômicos. Os objetivos deste trabalho foram desenvolver novos produtos surfactantes para o controle de substâncias coloidais, definir uma metodologia para sua avaliação e comparar os novos agentes surfactantes com produtos já utilizados pelas indústrias. Foram desenvolvidos e testados dois surfactantes, sendo um aniônico e outro catiônico, e sua eficácia no controle de stickies foi comparada com quatro agentes tensoativos de uso comercial. Cada produto foi avaliado aplicando-se 4 dosagens: 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 kg.ton⁻¹. Para avaliar a eficiência dos produtos desenvolvidos, foi utilizada uma mistura de aparas e papéis usados. Para cada agente tensoativo e dosagem aplicada, foram hidratados 20 g a.s. de aparas em quantidade de água branca industrial necessária para atingir a consistência de 4%. Após 20 horas de hidratação, cada amostra foi desagregada e em seguida, a polpa gerada foi alocada em um cadinho de filtro e levado à centrífuga. Foi utilizada a fase líquida para a contagem do número de partículas coloidais e análises de condutividade, sendo descartada a parte retida pela tela. A partir destas análises, observou-se que: a metodologia utilizada para contagem das partículas coloidais foi eficaz; a ação dos surfactantes utilizados ocorreu através da estabilização das partículas dispersas e coloidais presentes no sistema; os surfactantes desenvolvidos tiveram desempenho semelhante aos surfactantes comerciais, em relação à concentração de partículas coloidais, sendo que o surfactante aniônico se sobressaiu em relação ao surfactante catiônico; apesar de não mostrar diferenças estatísticas, os surfactantes desenvolvidos tenderam a maior variação nos valores de condutividade, carga iônica e turbidez.

Palavras-chave: surfactantes, substâncias dissolvidas e coloidais, stickies, reciclagem, depósitos.

INTRODUÇÃO

Na sociedade papeleira, em geral é reconhecido que a prática de reciclagem de papéis apresenta muitas vantagens ambientais e econômicas. Entretanto, devido às características do próprio processo de reciclagem, o aumento do número de contaminantes que são introduzidos no sistema pode causar

desvantagens tanto ao processo de fabricação do papel quanto ao produto final. Partículas hidrofóbicas que podem causar a formação de depósitos pegajosos (stickies), em diferentes partes e equipamentos da máquina de papel, são as mais problemáticas¹.

Segundo Putz (2000)², todos os problemas causados por stickies na máquina de papel podem agravar-se com a diminuição na espessura ou gramatura do papel, aumento na velocidade da máquina de papel e aumento no stress dinâmico da rede de fibras.

O acúmulo de substâncias dissolvidas e coloidais (SDC) pode também inativar aditivos do processo, tais como agentes de retenção e drenagem ou, ainda, substâncias químicas funcionais, como agentes de colagem e resinas de resistência a úmido^{3,4,5}.

Os problemas causados por stickies, que ocorrem após a formação da folha de papel, geralmente são mais dispendiosos. Problemas na qualidade do produto incluem buracos, furos, manchas, pintas e diminuição da resistência do papel, que podem afetar operações subsequentes de impressão e conversão^{1,6,7}.

As impurezas pegajosas comumente encontradas, ou stickies, são resinas provenientes das fibras da madeira, assim como restos de tintas de impressão, ligantes, tintas de revestimento e adesivos originários do papel reciclado. Alguns aditivos químicos, tais como agente de colagem, surfactantes, resinas de resistência a úmido, graxas e afins podem contribuir para poluição do sistema, se não forem suficientemente eficientes ou completamente ligados à estrutura do papel. Todos estes compostos também transportam-se no sistema ligados à fibra, podendo estar dispersos ou dissolvidos na água do processo¹.

A formação de depósitos ocorre, principalmente, devido à aglomeração de partículas coloidais⁷. Aglomeração e deposição ocorrem devido às características físicas dos contaminantes, os quais tendem a ser hidrofóbicos, pegajosos, têm baixa tensão superficial, são macios e deformáveis⁸. Mudanças repentinas nos parâmetros tecnológicos, tais como pH, temperatura, turbulência, interações com produtos químicos⁹ e outros podem causar um desequilíbrio físico-químico¹, devido à diminuição na estabilidade das partículas coloidais⁷, o que permite a precipitação de stickies e outros materiais presentes nas diferentes partes da máquina de papel¹.

Atualmente o método mais eficaz no controle de stickies, consiste em dispersar estas partículas coloidais para, em seguida, agregá-las à polímeros, sendo então eliminadas do processo junto ao produto final, sem ocasionar danos a este.

Neste trabalho é apresentado o estudo da primeira fase do programa de controle de stickies, ou seja, a dispersão das partículas por agentes tensoativos.

A ação dos dispersantes pode ocorrer através da estabilização das partículas dispersas e coloidais ou dispersão de depósitos existentes. Em consequência da natureza surfactante das moléculas presentes nos dispersantes, estes se adsorvem às superfícies sólido-líquido da suspensão fibrosa, conferindo alta carga aniônica à superfície sólida e, devido à repulsão

eletrostática ao líquido (água branca), as partículas dispersas se tornam menos apta à deposição. No entanto, em aplicação concentrada pode ocorrer o aumento da formação de micelas do tensoativo, cujas porções hidrofílicas se estendem para a água branca e as porções hidrofóbicas se voltam para o interior da micela. Segundo Allen (2000)¹⁰ materiais hidrofóbicos, como aqueles presentes em depósitos de stickies, podem se solubilizar no interior da micela e neste caso, o dispersante aplicado pode efetivamente dispersar ou remover os depósitos.

Sendo assim, o estudo referenciado nesse capítulo teve como objetivos: a definição de uma metodologia para determinação do número de partículas coloidais, a avaliação dos dois surfactantes desenvolvidos para atuar no controle de stickies gerados a partir da desagregação de aparas, a comparação dos surfactantes desenvolvidos neste trabalho, com aqueles já existentes no mercado.

EXPERIMENTAL

Material

Neste estudo para avaliar a eficiência dos produtos desenvolvidos para controle de stickies, foi utilizado uma mistura de aparas e papéis usados com a seguinte composição: 15,5 g (a.s) de papéis usados tipo ondulado II, 4,4 g (a.s) de aparas tipo refil e 2,2 g (a.s) de aparas tipo miolo, de acordo com a receita utilizada em uma fábrica de papel reciclado para embalagem. Foram desenvolvidos dois novos agentes tensoativos sendo um deles catiônico (com a característica denominada de imidazol) e o outro aniônico (com a característica de “sabão”). Estes dois novos agentes tensoativos foram testados e sua eficácia no controle de stickies foi também comparada a quatro agentes tensoativos de uso comercial, sendo um proveniente de óleo de soja (amina) e três provenientes de ácido graxo de origem animal (amina, amida e nitrila). Cada produto foi avaliado aplicando-se 4 dosagens: 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 kg.ton⁻¹.

Método

Para cada agente tensoativos e para cada dosagem aplicada, foram hidratados o equivalente a 20 g a.s. de aparas em quantidade de água branca industrial necessária para atingir a consistência de 4%. As dosagens utilizadas para realizar este trabalho, foram embasadas naquelas comumente utilizadas em indústrias.

Após 20 horas de hidratação, cada amostra de aparas foi desagregada em desagregador laboratorial por 3 minutos a 40 (± 2) °C. O pH de desagregação foi mantido em 8,0 (± 0,5). Em seguida, a polpa gerada foi alocada em um cadinho de filtro constituído de tubo de PVC e tela metálica de 200 mesh (Figura 15), e levado à centrífuga por 8 minutos de centrifugação à 1500 rpm. A parte retida pela tela foi descartada, sendo

utilizada a fase líquida para as análises descritas nos itens a seguir.

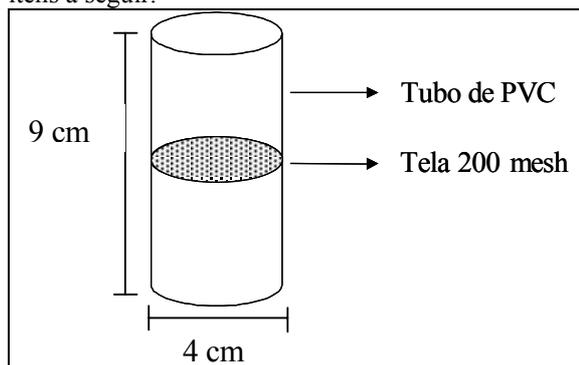


Figura 1. Cadinho de filtro utilizado para centrifugação do material.

Perfil do material da fase líquida a ser analisado

Preliminarmente, e com o objetivo de conhecer as características dimensionais do material da fase líquida (essencialmente água branca industrial contendo partículas coloidais de “stickies”) foi realizada uma análise de ocorrência e distribuição dimensionais das partículas. Esta análise foi realizada utilizando o equipamento Galai Cis 100 (analisador de partículas por técnica de raio laser), que permitiu definir a metodologia de contagem das partículas coloidais de stickies utilizando a técnica por câmara de Neubauer observada em um sistema analisador de imagens por vídeo-microscopia computadorizada.

Contagem das partículas coloidais de stickies

Uma alíquota de 200 µL do material da fase líquida foi transferida com auxílio de pipeta automática para uma câmara de Neubauer. O material foi analisado através do sistema de análise de imagens por vídeo-microscopia computadorizada, utilizando-se um aumento de 4000x.

Foram analisadas 2 células em cada lâmina, e realizadas no mínimo 3 leituras (lâminas) com coeficiente de variação menor ou igual a 10%. Apenas as partículas circulares, escuras e que apresentaram movimento browniano foram contabilizadas.

A concentração de partículas foi determinada de acordo com a seguinte relação:

Concentração de partículas = $(A * K * D) / V$; sendo:

A = Número médio de partículas por quadrado;

K = constante de correção da curvatura do vidro;

V = Volume de líquido presente em um quadrado da câmara de Neubauer ($2,5 \times 10^{-7} \text{ cm}^3$);

D = fator de diluição da amostra.

OBS: o volume de líquido sobre um quadrado de 50 x 50 micrômetros na câmara de Neubauer com profundidade de câmara de 0,1 mm é de $2,5 \times 10^{-7} \text{ cm}^3$. Devido à curvatura do líquido causada pela tensão superficial, utiliza-se um K de 1,1 para corrigir o volume real do líquido.

Análise da fase líquida

A fase líquida obtida após a centrifugação do material foi caracterizada através da condutividade, mensurada em condutivímetro tipo DM3, marca Digimed, sob agitação, em triplicata.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Contagem preliminar de partículas coloidais de stickies

Conforme descrito em material e métodos, inicialmente, com o objetivo de conhecer as características dimensionais do material da fase líquida (essencialmente água branca industrial contendo partículas coloidais de stickies) foi realizada uma análise preliminar de ocorrência e distribuição dimensionais das partículas, utilizando o equipamento Galai Cis 100. Os resultados desta análise estão representados na Figura 2, que nos mostra a porcentagem do número de partículas coloidais de stickies em função do tamanho das partículas. Neste gráfico está representada apenas a distribuição dimensional para as partículas coloidais (partículas menores que 1 μm) onde pode ser observado que a maioria das partículas coloidais possuem em média, diâmetros entre 0,6 e 0,8 μm .

Considerando que a contagem de partículas na câmara de Neubauer, com aumento de 4000 X, abrange partículas que possuem diâmetros próximos a 0,7 μm , este método é considerado eficiente para a análise deste material, uma vez que a maioria das partículas possui diâmetro entre 0,6 e 0,8 μm .

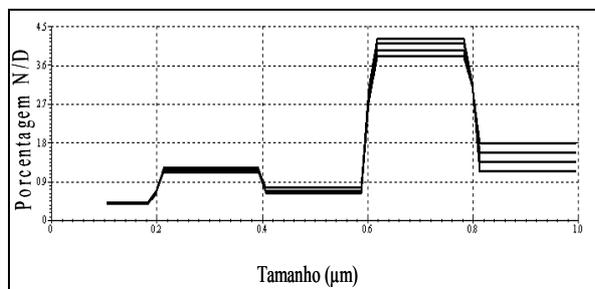


Figura 2. Distribuição dimensional de partículas em relação ao seu tamanho.

Avaliação dos surfactantes desenvolvidos para controle de stickies

Conforme descrito em materiais e métodos, após centrifugação e filtração da amostra de aparas dispersa com os surfactantes, a parte líquida obtida foi analisada através de vídeo-microscopia computadorizada, utilizando-se a câmara de Neubauer para auxílio da contagem de partículas coloidais, em microscópio ótico com aumento de 4000x. Para facilitar a apresentação dos resultados da eficiência de dispersão das partículas coloidais de stickies, os surfactantes foram numerados da seguinte maneira:

Tabela 1. Codificação dos surfactantes avaliados.

Surfactante	#
Amina de ácido graxo de soja	A
Nitrila de ácido graxo de origem animal	B
Amida de ácido graxo de origem animal	C
Amina de ácido graxo de origem animal	D
Surfactante aniônico	E
Surfactante catiônico	F

Os agentes surfactantes são substâncias anfífilas que possuem duas regiões distintas com as características hidrofóbica e hidrofílica. A parte hidrofóbica destas moléculas é geralmente um hidrocarboneto, enquanto a parte hidrofílica consiste de um grupo fortemente polar ou iônico. Em surfactantes aniônicos, o ânion é o portador das propriedades surfactantes, como exemplo, é o caso do surfactante E, a porção hidrofílica é o grupo COO^- . Em surfactantes catiônicos o grupo portador das propriedades catiônicas é o cátion, por exemplo, para o surfactante F, a porção hidrofílica da molécula é o grupo amônio carregado positivamente.

A ação dos surfactantes pode ocorrer através da estabilização das partículas dispersas e coloidais, ou através da dispersão de partículas maiores existentes. A estabilização de partículas dispersas/coloidais ocorre devido à natureza surfactante de suas moléculas. Estas se adsorvem às superfícies sólido-líquido da suspensão fibrosa, conferindo alta carga aniônica à superfície sólida e, devido à repulsão eletrostática à água branca. As partículas então dispersas contidas na água branca se tornam menos aptas à deposição, pois estas possuem carga aniônica. A dispersão de partículas maiores existentes no processo ocorre quando os surfactantes são aplicados em altas concentrações. Esta prática permite a formação de micelas, cujas porções hidrofílicas se estendem para a água branca, e as porções hidrofóbicas do surfactante se voltam para o interior da micela, podendo solubilizar substâncias hidrofóbicas, tais como as partículas de stickies.

A Figura 3 representa o número de partículas coloidais em função da dosagem dos surfactantes estudados. Através de análise estatística entre os surfactantes, foi verificada uma maior eficiência dos surfactantes B e E em relação aos demais. Os dispersantes 4 e 6 foram os que apresentaram piores resultados. Já os surfactantes A e C apresentaram eficiência intermediária quando comparados ao restante.

Com exceção dos surfactantes desenvolvidos, todos os surfactantes comerciais tiveram comportamento quadrático. O aumento da dosagem do surfactante foi diretamente proporcional ao aumento do número de partículas coloidais, apresentando um ápice e logo após, diminuição do número de partículas coloidais. O surfactante aniônico (Figura 3e) não apresentou diferenças significativas entre as dosagens de surfactante aplicadas, e o dispersante catiônico (Figura 3f) apresentou comportamento linear em função do aumento da dosagem de surfactante.

Os surfactantes A (Figura 3a) e B (Figura 3b) apresentaram comportamento semelhante. O número de partículas coloidais foi significativamente equivalente para as duas primeiras dosagens, havendo

uma diminuição nas dosagens posteriores, atingindo seu ápice em eficiência quando aplicado a $0,25 \text{ kg.ton}^{-1}$ e/ou $0,5 \text{ kg.ton}^{-1}$. O número de partículas geradas ao aplicar o surfactante A variou de 28,53 a 56,48 milhões.mL⁻¹, e para o surfactante B o número de partículas geradas, variou entre 22,6 a 86,8 milhões.mL⁻¹. Vale ressaltar que o número de partículas dispersas para o surfactante B foram os maiores valores encontrados entre todos os surfactantes analisados.

Para surfactante C (Figura 3c) a maior eficiência também foi encontrada para as dosagens de $0,25 \text{ kg.ton}^{-1}$ e $0,5 \text{ kg.ton}^{-1}$, sendo estatisticamente iguais, assim como para as dosagens de $0,75 \text{ kg.ton}^{-1}$ e $1,00 \text{ kg.ton}^{-1}$. O número de partículas coloidais geradas por este produto variou de 22,25 a 48,12 milhões.mL⁻¹. A Figura 3d representa o número de partículas coloidais em função da dosagem do surfactante D. Pode ser observado um aumento no número de partículas devido ao aumento da dosagem de surfactante, iguais estatisticamente, até que se atinja o ponto máximo ($0,75 \text{ kg.ton}^{-1}$), seguido de diminuição da quantidade de partículas coloidais, variando de 14,4 a 45,37 milhões.mL⁻¹.

Conforme descrito anteriormente, o efeito da dosagem do surfactante E (Figura 3e) não foi significativo, pois os valores obtidos não diferiram entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Porém, o número de colóides gerados variou entre 51,57 a 58,75 milhões.mL⁻¹. Vale ressaltar que este surfactante, assim como o surfactante B, apresentou-se superior aos demais. O surfactante F (Figura 3f), apresentou comportamento bastante diferenciado em relação aos demais. As duas últimas dosagens aplicadas ($0,75 \text{ kg.ton}^{-1}$ e $1,00 \text{ kg.ton}^{-1}$) resultaram em maior número de partículas coloidais que as demais e iguais estatisticamente.

A diminuição do número de partículas coloidais observada para quase todos os surfactantes estudados após determinada concentração (exceto surfactante E), pode ser explicada possivelmente devido à parcial concentração de surfactante que não favoreceu a dispersão das partículas, quando presente em alta concentração, pois, a estabilização coloidal pode ser rompida por diversos fatores, tal como a alteração na concentração dos componentes presentes¹¹.

Condutividade

Conforme descrito anteriormente, existem dois mecanismos de ação dos surfactantes: estabilização de partículas coloidais e dispersas, ou dispersão de partículas maiores. Para a dispersão de partículas maiores, é necessária a formação de micelas, que são agregados moleculares com regiões hidrofílicas e hidrofóbicas, que dinamicamente se associam espontaneamente em solução aquosa a partir de certa concentração micelar crítica (CMC). O processo de formação de micelas ocorre em pequeno intervalo de concentração, e pode ser detectado pela variação brusca produzida em determinadas características físico-químicas da solução em função da concentração

do agente surfactante, tal como a condutividade. Após a CMC o incremento da condutividade da solução com a adição do surfactante é menor¹². Sendo assim, para averiguar o tipo de dispersão que ocorreu nos sistemas estudados, foi realizada uma análise de condutividade do material. A condutividade pode ser definida como a medida da habilidade de uma solução em conduzir corrente elétrica, com comportamento inverso ou recíproco da resistência elétrica (ohms), sendo um indicador da quantidade de íons contidos em uma solução.

A Figura 4 representa os valores de condutividade em função da dosagem dos surfactantes estudados. Através da análise estatística dos dados de condutividade, pelo teste Tukey ($p < 0,05$), pode-se dizer que não existe diferença significativa entre os surfactantes analisados.

Para o surfactante A (Figura 4a) os valores de condutividade variaram de aproximadamente 392 a 432 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, sendo a dosagem de $0,25 \text{ kg.ton}^{-1}$ a que apresentou menor valor de condutividade. As dosagens $0,50 \text{ kg.ton}^{-1}$ e $1,00 \text{ kg.ton}^{-1}$ não apresentaram diferença significativa em relação ao “branco” (amostra sem aplicação do surfactante), com os valores mais altos de condutividade. Para o surfactante B (Figura 4b) a condutividade variou entre 427 a 481 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, onde o menor valor obtido correspondeu à menor dosagem, e o maior valor para a maior dosagem de surfactante. A Figura 4c representa os valores de condutividade em função da dosagem do surfactante C, em que os valores encontrados variaram de 404 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ($0,25 \text{ kg.ton}^{-1}$) a 451 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ($0,50 \text{ kg.ton}^{-1}$). Após aplicação do surfactante 4 (Figura 4d) não houve diferença significativa entre os valores de condutividade, exceto para aquele obtido na dosagem de $0,25 \text{ kg.ton}^{-1}$ (467 $\mu\text{S.cm}^{-1}$).

Para os surfactantes desenvolvidos (Figuras 4e e 4f) Observou-se um aumento da condutividade diretamente proporcional ao aumento da dosagem de surfactante até certo ponto, diminuindo a partir deste. A condutividade variou entre 372 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ($0,25 \text{ kg.ton}^{-1}$) e 533 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ($0,50 \text{ kg.ton}^{-1}$), para o surfactante E (Figura 20e), e entre 345 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ e 514 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ($0,75 \text{ kg.ton}^{-1}$), para o surfactante F (Figura 20f).

Como pode ser observado, não houve diferença brusca entre os valores de condutividade obtidos, o que nos permite afirmar que as dosagens de surfactante aplicadas não atingiram a concentração necessária para a formação de micelas (CMC), e com isso a possibilidade do aumento do número de partículas coloidais ser uma consequência da dispersão de partículas maiores foi descartada.

Sendo assim, pode-se inferir que a ação dos surfactantes, neste caso, ocorreu através da estabilização das partículas dispersas/coloidais presentes no sistema. Vale lembrar que este fenômeno ocorre quando as moléculas do surfactante se adsorvem às paredes do material fibroso, conferindo alta carga aniônica e assim, repelindo eletrostaticamente as substâncias dissolvidas e

coloidais (SDC). As partículas coloidais tendem a se concentrar no meio mais favorável, e portanto, onde as forças repulsivas entre elas e o meio forem menores. Na ausência de surfactante, o número de partículas coloidais presentes na fase líquida foi inferior ao apresentado na presença de agentes surfactantes, devido à sua hidrofobicidade. O aumento da concentração de surfactante fez com que a fase fibrosa, e portanto com maior concentração de moléculas de surfactante, fosse menos favorável a presença de SDC devido à maior repulsão entre as partículas coloidais e os agentes tensoativos adsorvidos na superfície das fibras. Sendo assim, as partículas coloidais foram encontradas em maior concentração na fase líquida que na fase fibrosa após a centrifugação/filtração do material.

CONCLUSÕES

A partir do estudo referenciado neste capítulo, pode-se concluir que: a contagem das partículas coloidais através da câmara de Neubauer é bastante eficaz, uma vez que pela análise no Galai foi observada que a maioria das partículas na solução aquosa encontrava-se na faixa de diâmetro visualizada na câmara de Neubauer; a ação dos surfactantes estudados, em escala laboratorial, ocorreu através da estabilização das partículas coloidais presentes no sistema, pois não atingiu a concentração micelar crítica necessária para agir sobre a dispersão de partículas maiores; os surfactantes desenvolvidos tiveram desempenho semelhante aos surfactantes comerciais, em relação à concentração de partículas coloidais presentes na fase líquida. Entretanto o surfactante aniônico a base de apresentou melhor resultado quando comparado ao surfactante catiônico; apesar de não mostrar diferenças estatísticas, os surfactantes desenvolvidos tenderam a maior variação nos valores de condutividade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

- ¹ZULE, J.; DOLENE, J. Physico-chemical characterization of detrimental paper machine deposits. **Materiali in tehnologije**. v. 38, 2004.
- ²PUTZ, H. J. Stickies in recycled fiber pulp. In: _____. **Recycled Fiber and Deinking**. Finlândia: Fapet Oy, 2000.
- ³EKLUND, D; LINDSTRÖM, T. **Paper Chemistry: an introduction**. Finlândia: DT paper science publications, 1991.
- ⁴PRUSZYNSKI, B.; CARDOSO, X.; KAMLIN, B. Stabilization of performance of wet end os paper machine – a chemist's approach. **Progress 2002 Conference**. Poland, 2002.

⁵DUNHAM, A. J.; SHERMAN, L. M.; ALFANO J. C. Effect of dissolved and colloidal sunstances on drainag properties of mechanical pulp suspensions. **Journal of pulp and paper science**. v. 28, set. 2002.

⁶FORGATY, T. J. Cost-effective, common sense approach to stickies control. **Tappi Journal**. v 76, mar. 1993.

⁷TIINA, S.; MARI, Z. **Method for the determination of dissolved and colloidal disturbing substances in a papermaking process**. EUA n. WO2004088306. 14 out. 2004.

⁸LING, T. F. Agglomeration tendency of contaminants in recycled fibers. **Tappi Journal**. v. 81, mar. 1998.

⁹BLANCO, A.; NEGRO, C.; MONTE, C.; OTERO, D.; TIJERO, J. Destabilization of dissolved and colloidal material derived from coated paper. **Appita Journal**. v. 54, mar. 2001.

¹⁰ALLEN, L. H. Pitch control in paper mills. In: BLACK, E. L. ALLEN, L. H. **Pitch control, wood resin and deresination**. Tappi Press, 2000. cap. 13, p. 307-327.

¹¹JORDÃO, M. C. S. **“Pitch” na indústria de celulose e papel**. São Paulo: IPT, 1991.

¹²MANIASSO, N. Ambientes micelares em química analítica. **Química Nova**, vol. 24, n. 1, p. 87-93, 2001.

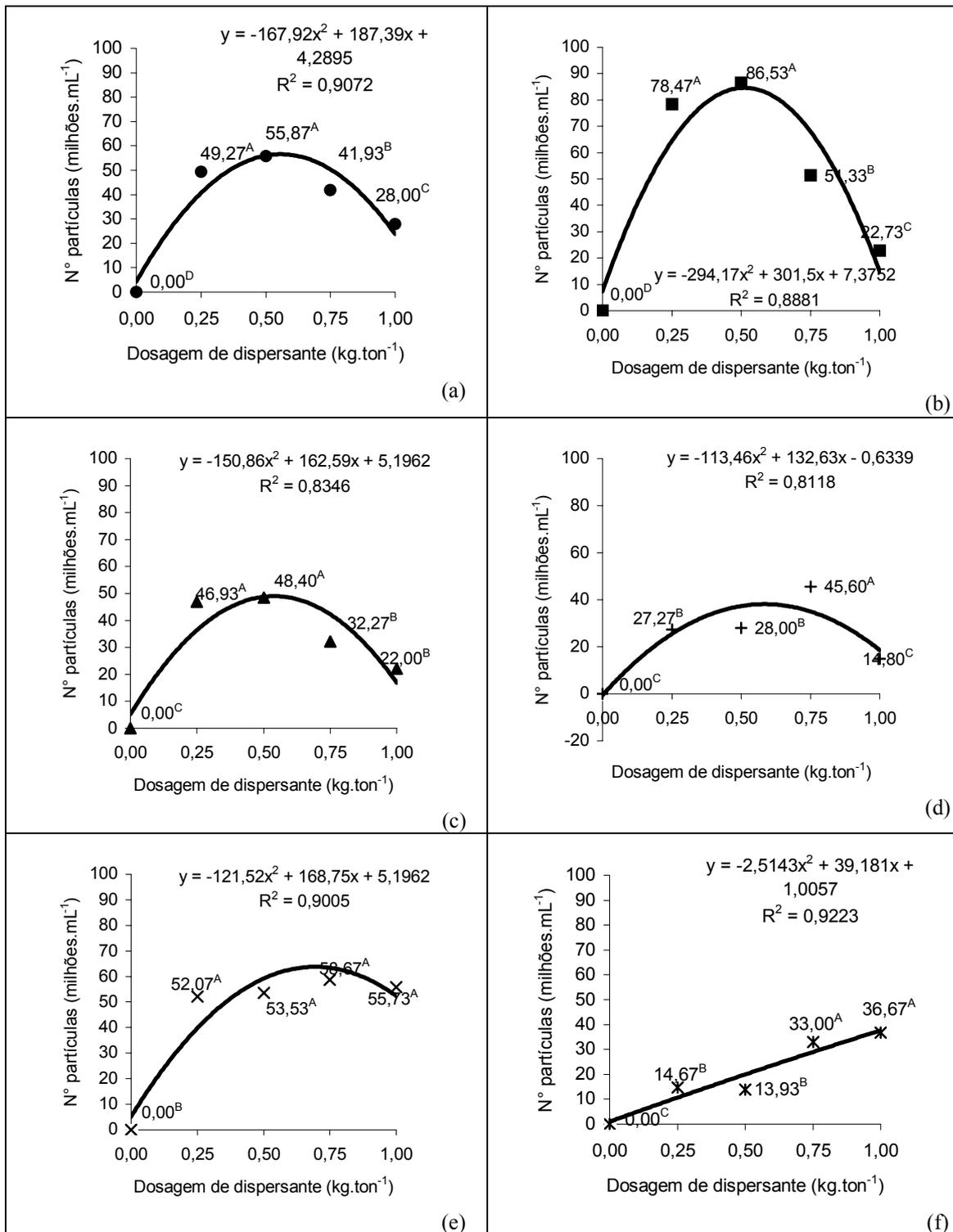


Figura 3 – Número de partículas coloidais em função da dosagem dos surfactantes: amina de ácido graxo de soja (a), nitrila de ácido graxo de origem animal (b), amida de ácido graxo de origem animal (c), amina de ácido graxo de origem animal (d), aniônico (e), catiônico (f). Dados seguidos da mesma letra não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), sendo $A < B < C < D$.

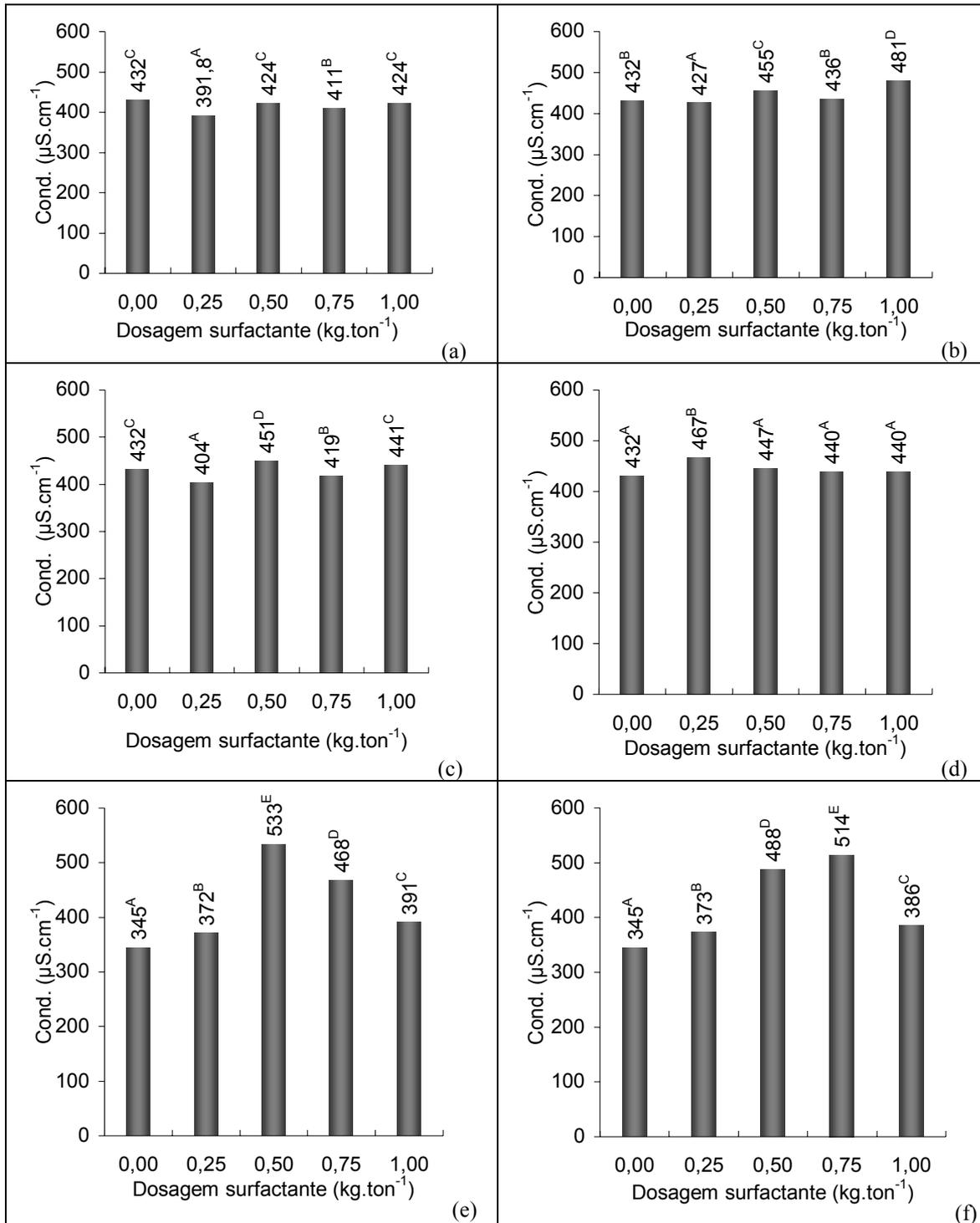


Figura 1. Condutividade em função da dosagem dos surfactantes: amina de ácido graxo de soja (a), nitrila de ácido graxo de origem animal (b), amida de ácido graxo de origem animal (c), amina de ácido graxo de origem animal (d), aniônico (e), catiônico (f). Dados seguidos da mesma letra não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), sendo $A < B < C < D < E$.