

VANESSA PIMENTEL CUNHA

**ESTUDO DE APLICAÇÃO DE AMIDOS NA QUALIDADE DE  
PAPÉIS DE FIBRAS DE EUCALIPTO**

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
JUNHO - 2015

VANESSA PIMENTEL CUNHA

**ESTUDO DE APLICAÇÃO DE AMIDOS NA QUALIDADE DE  
PAPÉIS DE FIBRAS DE EUCALIPTO**

Monografia a ser defendida no Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal.

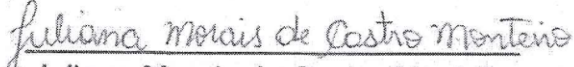
VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
JUNHO - 2015

VANESSA PIMENTEL CUNHA

**ESTUDO DE APLICAÇÃO DE AMIDOS NA QUALIDADE DE  
PAPÉIS DE FIBRAS DE EUCALIPTO**

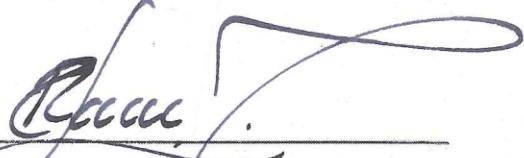
Monografia a ser defendida no  
Departamento de Engenharia  
Florestal da Universidade Federal  
de Viçosa, como parte das  
exigências do Curso de  
Engenharia Florestal.

APROVADA: 26 de junho de 2015.

  
Juliana Moraes de Castro Monteiro

  
Juliana Cristina da Silva

(Coorientadora)

  
Rubens Chaves de Oliveira

(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, a Deus, pela vida, família e amigos.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional, incentivo e amor.

A Universidade Federal de Viçosa, pelo aprendizado e oportunidade de fazer o curso.

À Juliana Silva, pelo apoio, companhia e ajuda constante.

Ao professor Rubens Chaves de Oliveira, pela orientação, apoio e confiança.

À Juliana Moraes pela gentileza de fazer parte da banca examinadora.

## **BIOGRAFIA**

Vanessa Pimentel Cunha, filha do Sr. Francisco Maria Pimentel Moreira e da Sra. Magnólia Maria Pimentel Moreira, nasceu no dia 18 de setembro de 1990 na cidade de Timóteo, Minas Gerais.

Em 2007 concluiu o ensino médio no Colégio São Francisco Xavier, em Ipatinga, Minas Gerais.

Em 2011 iniciou o curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa, sendo o mesmo concluído em Julho de 2015. Durante a graduação realizou trabalhos no Laboratório de propriedades da madeira, e no Laboratório de Celulose e Papel, onde adquiriu conhecimentos e capacidade para desenvolver a monografia de conclusão de curso.

## CONTEÚDO

1	INTRODUÇÃO .....	14
2	OBJETIVOS .....	16
2.1	Objetivo geral .....	16
2.2	Objetivos específicos .....	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
3.1	Amido .....	17
3.2	Usos de amidos na fabricação de papel .....	18
3.3	Principais Tipos de Amidos Usados na Indústria de Papel .....	19
3.3.1.	Amido Comum .....	19
3.3.2.	Amidos Catiônicos .....	21
3.4	Uso do Amido na Preparação de Massa .....	23
3.4.1.	Benefícios dos Amidos Catiônicos e/ou Anfóteros na Preparação da Massa .....	24

3.5	Escolha do Produto .....	25
4	METODOLOGIA .....	27
4.1	Materiais .....	27
4.2	Métodos .....	28
4.2.1.	Preparo da polpa .....	28
4.2.2.	Preparo dos amidos .....	28
4.2.3.	Adição dos amidos (simulação da etapa industrial).....	29
4.2.4.	Avaliação das propriedades físicas e mecânicas dos papéis .....	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
5.1	Testes físicos e mecânicos .....	32
5.1.1.	Resistência à drenagem .....	32
5.1.2.	Volume específico aparente .....	33
5.1.3.	Resistência à tração .....	35
5.1.4.	Resistência ao arrebatamento .....	36
5.1.5.	Resistência ao rasgo .....	37
5.1.6.	Opacidade .....	39
5.1.7.	Resistência à passagem de ar .....	40
6	CONCLUSÕES .....	43
7	Sugestão de trabalhos futuros .....	45
	REFERÊNCIAS .....	46
	APÊNDICE A – RESULTADO DOS TESTES FÍSICOS MECÂNICOS DAS AMOSTRAS .....	49

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema básico de Éter de Amido.....	21
Figura 2 - Esquema básico do Éter de Amido Anfótero. ....	22
Figura 3 - Resistência à drenagem ( $^{\circ}$ SR) em função das diferentes dosagens dos amidos 1, 2, 3, 4.....	33
Figura 4 - Volume Específico Aparente ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) em função das diferentes dosagens dos amidos 1, 2, 3, 4. ....	34
Figura 5 - Índice de Tração ( $\text{N.m/g}$ ) em função das diferentes dosagens dos amidos 1, 2, 3, 4. ....	35
Figura 6 - Índice de Arrebatamento ( $\text{kPa.m}^2/\text{g}$ ) em função das diferentes dosagens dos amidos 1, 2, 3, 4. ....	37
Figura 7 - Índice de Rasgo ( $\text{mN.m}^2/\text{g}$ ) em função das diferentes dosagens dos amidos 1, 2, 3, 4. ....	38
Figura 8 - Opacidade (%) em função das diferentes dosagens dos amidos 1, 2, 3, 4.....	39



Figura 9 - Resistência à Passagem de Ar (s/100cm<sup>3</sup>) em função das diferentes dosagens dos amidos 1, 2, 3, 4. .... 41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Usos de Amidos na Fabricação de Papel .....	19
Tabela 2 - Características dos amidos.....	28
Tabela 3 - Normas dos testes físicos e mecânicos a serem realizados nas polpas. ....	31
Tabela 4 - R <sup>2</sup> das linhas de tendência do gráfico de Resistência a drenagem. .....	33
Tabela 5 - R <sup>2</sup> das linhas de tendência do gráfico de Volume Específico Aparente. ....	34
Tabela 6 - R <sup>2</sup> das linhas de tendência do gráfico de Índice de Tração. ....	36
Tabela 7 - R <sup>2</sup> das linhas de tendência do gráfico de Índice de Arrebentamento. .....	37
Tabela 8 - R <sup>2</sup> das linhas de tendência do gráfico de Índice de Rasgo. ....	38
Tabela 9 - R <sup>2</sup> das linhas de tendência do gráfico de Opacidade. ....	40

Tabela 10 - R <sup>2</sup> das linhas de tendência do gráfico de Resistência à passagem de Ar.....	41
Tabela 11 - Valores dos testes para as diferentes dosagens dos amidos (1, 2, 3, 4).....	49

## EXTRATO

Cunha, Vanessa Pimentel, Universidade Federal de Viçosa, junho de 2015.  
**Estudo de Aplicação de Amidos na Qualidade de Papéis de Fibras de Eucalipto.** Professor orientador: Rubens Chaves de Oliveira. Coorientadora: Juliana Cristina da Silva.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o potencial de desenvolvimento das propriedades de papéis produzidos em laboratório de polpa Kraft branqueada de eucalipto através do tratamento com amido verificando assim o comportamento das polpas submetidas a quatro tipos de amidos, denominados: 1, 2, 3, e 4. E dessa maneira, verificar a dosagem que proporciona maiores incrementos a diferentes propriedades físicas e químicas dos papéis em relação à referência. Foram feitos os seguintes testes nos papéis para avaliação dos amidos: Resistência à drenagem, Volume específico aparente, Tração, Arrebentamento, Rasgo, Opacidade e Resistência à passagem de ar. Dessa maneira, a aplicação do tipo de amido e suas respectivas dosagens variam de acordo com o objetivo final que se destina o papel em termos de suas exigências de qualidade no meio comercial (Exemplo: para impressão e escrita, para embalagens, e ou para papéis com

fins sanitários). Conclui-se que de modo geral, o tratamento com o amido 3, na dosagem 4,5% para os testes de Índice de tração e Resistência à passagem de ar; na dosagem 3% para Opacidade e na dosagem 6% para os testes restantes, resultou em melhores resultados para resistência mecânica dos papéis quando comparado com os outros tratamentos, já que em todos os testes apresentou melhores resultados, com exceção do Resistência a drenagem, na qual outros amidos também se destacaram.

## 1 INTRODUÇÃO

No cenário atual do mercado o segmento de polpas celulósicas destinadas à fabricação de papéis tissue e de impressão e escrita representa quase totalmente a produção nacional de polpa Kraft branqueada. Nos últimos dez anos esse mercado desenvolveu significativamente, sendo muito favorável à sua perspectiva de crescimento nos próximos anos. Para acompanhar esse crescimento, é necessário que se faça alterações na matéria prima e no seu processamento para garantir características desejáveis ao produto final. Assim, tratamentos mecânicos efetuados sobre a polpa que tem por finalidade promover mudanças na estrutura das fibras que compõem a mesma são importantes.

As características físicas acrescentadas às fibras durante diferentes tratamentos mecânicos, como exemplo: o de refinação e adição de amido conferem propriedades distintas ao papel acabado. Assim, um papel higiênico tem que ser macio e absorvente; um papel para impressão tem que ter boa formação, opacidade e receptividade à tinta; entretanto, esses papéis provêm basicamente do mesmo tipo de fibra (ADRIONI, 2006).

No entanto, a operação do refino, quando planejada incorretamente, pode ocasionar em características indesejadas à polpa, e por consequência papéis com qualidade inferior à almejada. Alternativa utilizada pelas indústrias

para dar à polpa características que resultem num papel com características adequadas é a utilização de aditivos químicos.

São vários os aditivos utilizados pela indústria papeleira e são escolhidos em função das características que conferem ao produto e ao momento de introdução ao processo. O custo de utilização desses aditivos também é levado em consideração e dentre os produtos mais utilizados durante a fabricação do papel temos o amido.

Sabe-se que a adição de amido no processo traz diversos benefícios para o sistema de fabricação de papel como o aumento na retenção total de finos, melhora da resistência interna e superficial, auxilia a drenagem da máquina de papel, melhora a formação da folha, aumento da resistência à úmido, reduz a porosidade, reduz a demanda por oxigênio (D.B.O.) e auxilia no equilíbrio de carga do sistema. Tantos benefícios são bem vindos economicamente falando, porém sua adição deverá ser bastante estudada baseada em conhecimento do processo, senão poderá além de benefícios trazer transtornos para o processo e também no tratamento de efluentes.

Sendo assim, esse trabalho avalia o potencial de desenvolvimento das propriedades de papéis, produzidos em laboratório, de polpa Kraft branqueada de eucalipto através da adição de amidos diferenciados. Objetivando identificar qual tipo de amido é mais adequado e a sua dosagem ótima no momento de aplicação na produção de papéis, em simulação: Parte úmida (wet end), analisando as condições ideais de aplicação dos amidos em função de pH, dosagem, gelatinização, através de testes físicos-mecânicos dos papéis produzidos.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar o potencial de desenvolvimento das propriedades de papéis produzidos em laboratório de polpa Kraft branqueada de eucalipto através da adição de amidos diferenciados.

### **2.2 Objetivos específicos**

Identificar qual tipo de amido é mais adequado no momento de aplicação na produção de papéis, em simulação: Parte úmida do processo (wet end).

Analisar as condições ideais de aplicação dos amidos em função de pH, dosagem, gelatinização, através de testes físicos-mecânicos dos papéis.



### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Atualmente o uso de amidos vem avançando em diversas áreas industriais, como, por exemplo, na fabricação de papéis, atuando na melhoria das propriedades físicas e químicas do papel. Dessa maneira, para o bom entendimento do trabalho em questão torna-se indispensável o esclarecimento de certas bases teóricas que sustentam os procedimentos experimentais.

#### **3.1 Amido**

O amido está disponível em abundância na natureza e como componente orgânico é superado apenas pela celulose. São encontradas em todas as plantas e extraídas de folhas, raízes, caules, sementes e/ou frutos. O amido serve à planta como principal fonte de reserva energética, proporcionando-lhe energia em épocas de repouso, assim acontece também ao ser humano e ao animal. (National Starch and Chemical Industrial Ltda, 1995). Segundo Cereda *et. al.* (2003), embora a composição química do amido seja sempre a mesma, existe considerável diferença entre suas origens botânicas no que se relaciona à estrutura da cadeia de monômeros. Como mostram os autores, o amido originado da mandioca possui em torno de 18% de amilose, já os amidos dos cereais, como trigo e aveia, em média 22%. Eles

ainda apontam que é possível encontrar impurezas junto aos grãos desse polissacarídeo, como lipídeos e minerais a base de fósforo, que podem modificar suas propriedades.

Entretanto, o homem encontra aplicações diversificadas para o amido, que vai muito além de sua função original como fonte de energia. Os amidos e seus derivados são utilizados por quase todas as indústrias, de uma forma ou de outra.

O amido altera diversas características em alimentos e produtos farmacêuticos, como: textura, aparência, umidade, consistência e estabilidade durante a armazenagem. Sendo usado para ligar ou desintegrar; expandir ou tornar denso; clarear ou tornar opaco; atrair ou inibir umidade; produzir textura curta ou longa; textura lisa ou de polpa; coberturas leves ou crocantes. Pode ser utilizado também para estabilizar emulsões ou formar filmes resistentes ao óleo. O amido pode, ainda, ser usado como auxiliar no processo de fabricação de papéis, embalagem, conferirem lubrificação ou equilibrar a umidade. (National Starch and Chemical Industrial Ltda, 1995).

### **3.2 Usos de amidos na fabricação de papel**

No sistema de fabricação de papel a partir do Hydrapulper até a Rebobinadeira da máquina de papel, podem-se identificar vários pontos factíveis de uso para o amido. Logicamente, resguardado o fator custo / benefícios é que se pode tomar a decisão onde, quanto e que tipo de amido usar.

Tabela 1 - Usos de Amidos na Fabricação de Papel

<b>Ponto de Uso</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Observações</b>
Hydrapulper	Propriedades físicas do papel	Pontos mais fáceis de aplicar o amido, no entanto, o menos efetivo.
Tanque de mistura e/ou tanque de máquina	Melhorar as propriedades físicas do papel	Ponto mais eficaz contanto que o amido esteja bem preparado e bem selecionado.
Caixa de nível	Melhorar as propriedades físicas do papel	Ponto mais eficaz contanto que o amido esteja bem preparado e bem selecionado.
Solução da bomba de mistura	Propriedades físicas e retenção de finos e cargas	Ponto mais crítico, porém melhores resultados que os pontos 1, 2 e 3.
Tubulação antes da caixa de entrada, após depurador vertical.	Retenção de finos e cargas	Neste ponto praticamente são usados apenas os Amidos Modificados com grande vantagem.
Spray entre camadas, máquinas multiformas ou telas.	Plybond, Delaminação	Muito efetivo uma vez resolvido o problema operacional é praticamente insubstituível seu uso.
Prensa de colagem	Propriedades de superfícies	Forma mais eficiente de alcançar altos valores de printabilidade do papel.
Couché	Adesivos para pigmentos	Os látex são superiores na maioria das vezes. No entanto, o amido pode funcionar como “estender” com grande vantagem de custos.

Fonte: Corn Products Brasil, 2002.

### **3.3 Principais Tipos de Amidos Usados na Indústria de Papel**

#### **3.3.1. Amido Comum**

No meio agrônomo, é considerado amido o produto amiláceo extraído das partes aéreas comestíveis dos vegetais (sementes), e quando extraído das partes subterrâneas comestíveis (tubérculos, raízes e rizomas) é dado o nome de fécula. Mesmo que quimicamente sejam praticamente iguais.

Dependendo do país, a fonte de fécula ou de amido comum pode ser: milho, mandioca, batata, arroz dentre outras, é sempre uma questão de disponibilidade local.

O Brasil basicamente utiliza o amido de milho e em menor escala o amido de mandioca. O Amido Comum poder ser usado das mais variadas formas, desde:

- a. Aplicado sem modificação na massa;
- b. Aplicado cationizado “in situ” na massa;
- c. Modificado por conversão enzimática para uso em Prensa de Colagem.

Quando o Amido Comum é usado na massa de papel sua eficiência é baixa, em função da pequena retenção na fibra do papel e da pouca afinidade com a celulose. Assim, a perda de amido pelo efluente da fábrica é alta.

Ao utilizar-se o Amido Comum Cationizado “in situ” o preparador deverá tomar os cuidados naturais quanto à formulação e parâmetros importantes como: dosagem dos reagentes, pH, temperaturas, etc. O Amido Cationizado “in situ” pode alcançar uma eficiência de aproximadamente 55 %, se a dosagem for correta e perfeitamente elaborada quando adicionada à massa de papel.

Quando o Amido Comum é convertido via enzimática, além dos cuidados com concentração, pH, temperatura, desativação da enzima, etc., tem-se sempre grande quantidade de açúcares gerada durante a modificação. Estes açúcares por sua alta hidrosopicidade poderá comprometer a estabilidade dimensional do papel acabado. No entanto, é um dos processos mais baratos e usados por algumas fábricas de papel. Neste caso, se faz necessária uma correção na formulação do banho da Prensa de Colagem, com o eventual uso de insolubilizantes.

Quando modificado com Hipoclorito de Sódio, ou, com Persulfato de Amônia, praticamente têm-se os mesmos cuidados necessários que os para a conversão enzimática, acrescida da toxicidade do reagente. Ainda neste caso, a

ocorrência da formação de “borra” do amido é frequente e, que não raro pode provocar quebra do papel na Prensa de Colagem.

### 3.3.2. Amidos Catiônicos

Segundo Martins & Matias (2011), amidos catiônicos são aqueles que foram modificados de tal forma a possuírem cargas positivas em sua cadeia por meio de grupos amônio, fosfônio e sulfona.

De acordo com Peek (1987), os amidos catiônicos têm sido produzidos comercialmente desde a década de 1950, para preencher basicamente uma necessidade da indústria de papel.

Têm sido desenvolvidos vários reagentes para sua fabricação, no entanto, os mais usados são as aminas terciárias do tipo 2-dietil-aminoetil e as aminas quaternárias 2,3-epoxipropilmetil, ou mesmo a combinação Dimetilaminas-Epicloridrina.

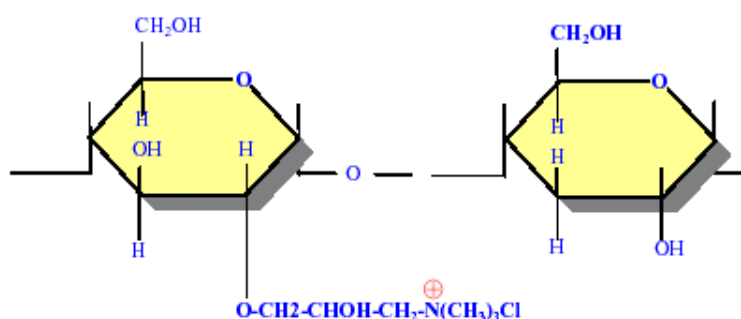


Figura 1 - Esquema básico de Éter de Amido.  
Fonte: Corn Products Brasil, 2002.

Este tipo de Amido modificado segue também a mesma sequencia de fabricação:

- Preparação da suspensão na concentração adequada;
- Ajuste do pH, temperatura;

- Adição de reagentes;
- Controle de grau de substituição (G.S.);
- Neutralização; lavagem; secagem.

A principal característica deste Amido éter, como pode ser observado na figura 2, é sua afinidade com as fibras celulósicas na fabricação de papel.

Para Peek (1987), uma vez que este Amido Catiônico se mostre compatível com o sistema de água branca na fabricação de papel, provoca uma interação e floculação das fibras de celulose e cargas minerais, incrementando ligações fibra/fibra e fibra/carga; melhorando, assim, tanto a drenagem da água da tela formadora de papel, como as propriedades físicas do papel.

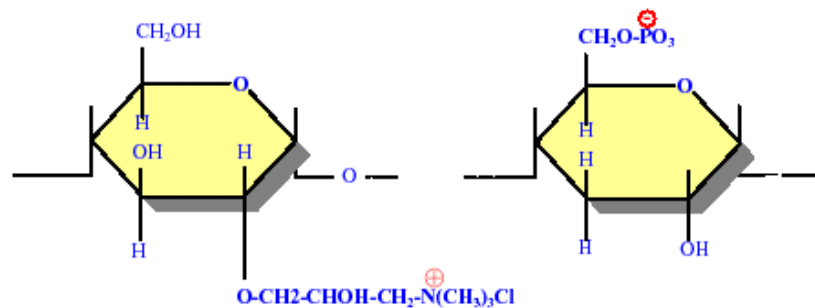


Figura 2 - Esquema básico do Éter de Amido Anfótero.  
Fonte: Corn Products Brasil, 2002.

De acordo com Valdejão & Janson (1996), o principal fator que diferencia os amidos catiônicos e/ou anfóteros é o grau de cationicidade, que é avaliado medindo-se o G.S. do amido.

A determinação do G.S. é feita quantificando-se o número de moles de nitrogênio que foi ligado à molécula de amido no decorrer da reação de cationização, uma vez que o reagente utilizado contém nitrogênio.

A variação do grau de substituição (G.S.) resultará na variação do grau de cationicidade dos produtos que, normalmente classificam-se em: baixo, médio ou alto grau de substituição.

Como principal vantagem do uso deste Amido Anfôtero consiste na grande reatividade em meios ácidos na faixa de pH 4,2-5,5 no sistema de água branca na fabricação de papel.

Os benefícios finais são similares aos pretendidos com os amidos catiônicos com a diferença do grau de reatividade diferente. É freqüente notar-se que um amido catiônico não apresente reatividade no sistema de água branca, e, que um amido anfôtero responde positivamente. Daí, a necessidade de conhecer-se previamente o sistema de águas brancas para melhor eleger um amido catiônico ou anfôtero com seu respectivo G.S..

### **3.4 Uso do Amido na Preparação de Massa**

Valdeção & Janson (1996), explicam a fabricação de papel, de uma forma simples, que consiste na disposição de uma suspensão de fibras celulósicas em água, de modo a formar uma manta homogênea, a qual, após a remoção da água através de uma malha (tela); prensada e seca, resulte em um sólido laminar.

Estas fibras quando utilizadas sem um tratamento mecânico de fibrilação ou refino, resultam em uma folha de papel com propriedades mecânicas muito baixas. Por este motivo, a fibra é submetida ao trabalho de refino, que promove a desfibrilação melhorando entrelaçamento e ligações fibra / fibra pela maior área de contato.

Embora não haja ainda uma teoria muito bem definida para explicar o que mantém juntas as fibras de celulose, acredita-se, segundo discutido por Fornué *et. al.* (2011), que as interações de hidrogênio entre as hidroxilas das cadeias adjacentes possam ter um efeito fundamental, não exclusivo. Segundo os autores a adesão das cadeias de celulose é um fenômeno complexo que envolve efeitos físicos, como o contato entre as superfícies rugosas das fibras e o atrito entre elas; e químicos, como as interações de origem eletrostática e as forças de Van der Waals, simultâneos, para garantir, entre outras propriedades, a resistência mecânica desejada das folhas de papel.

No entanto, a força de atração diminui com o inverso da distância, assim uma máxima proximidade é necessária para que estas ligações se verifiquem. Como sabemos que existe um limite de refino da fibra, já que um excesso de refino compromete propriedades como porosidade, flexibilidade e opacidade e mesmo a resistência do papel o amido é um recurso largamente usado para evitar excesso de refino e obterem-se valores de resistência mecânica compatíveis com uso final do papel.

Amidos são usados na fabricação de papel nas mais variadas formas e pontos de adição, desde amidos não modificados até os mais sofisticados e elaborados. Vários fatores determinam que tipo de amido específico é o mais efetivo em certa máquina de papel. Estes fatores incluem, por exemplo: Dentre estes fatores, foram citados por Valdejão & Janson (1996):

- a. Tipo de papel a ser produzido;
- b. Grau de refino da massa;
- c. Condições de refino da massa;
- d. Tipo de fibra;
- e. Outros aditivos usados: cola de breu; asa; sílicas; sulfato de alumínio; antiespumante; bactericidas; polímeros sintéticos; dispersantes, etc.
- f. Condutividade de água branca; acidez total do Sistema, etc.
- g. Tipo de máquina, turbulência, fluxo de caixa de Entrada.

#### 3.4.1. Benefícios dos Amidos Catiônicos e/ou Anfóteros na Preparação da Massa

Geralmente os amidos modificados são utilizados para melhoria das resistências físicas, retenção ou ambos. Em alguns casos pode ser utilizado aumento da velocidade por intermédio da melhoria da drenagem e secagem. (VALDEJÃO E JANSON, 1996)



Podem-se enumerar vários benefícios que podem ser obtidos com a utilização dos amidos catiônicos e/ou anfóteros, dos quais Valdejão & Janson (1996), destacam:

- Aumento da retenção total (carga mineral, finos e do amido);
- Melhora das resistências interna e superficial (Tração, Mullen, CMT);
- Melhora da resistência à dobras;
- Melhora da colagem interna;
- Auxilia na drenagem da máquina;
- Melhora da formação da folha;
- Aumento da resistência à úmido;
- Redução do D.B.O.;
- Redução da porosidade;
- Auxílio no equilíbrio de carga do sistema.

### **3.5 Escolha do Produto**

Para a seleção do tipo de amido a ser utilizado, segundo o Manual Técnico Corn Products Brasil, 2002, deve-se inicialmente definir qual o objetivo de sua utilização. Usualmente para eleger qual o melhor produto é utilizada a atividade catiônica do amido conjugado com a finalidade de sua utilização, porém devemos ressaltar que se trata de recomendações iniciais e que o melhor produto só será obtido após avaliações industriais.

Objetivo Atividade Catiônica:

- Retenção de Carga Alta;
- Retenção de Finos Média;
- Resistência Baixa.

Outros fatores que influenciam sobre os resultados são o ponto de aplicação e sua concentração, abaixo está apresentada regras básicas, porém o melhor ponto só é definido a partir de avaliações industriais.

Objetivo Ponto de Aplicação Sólidos da solução de amido:

- Retenção Baixa consistência 1 %;
- Resistência Tanque de Massa, após a refinação 2 a 3 %;

## **4 METODOLOGIA**

Segundo definição de Gil (1991), para o desenvolvimento do projeto, a pesquisa, quanto ao seu objetivo, foi definida como explicativa. O autor afirma que este tipo de pesquisa, ao explicar o porquê dos fenômenos, aprofunda o conhecimento da realidade tendo como principal preocupação a identificação de fatores que determinam ou contribuem para ocorrência dos fenômenos. As pesquisas explicativas nas ciências naturais utilizam, quase exclusivamente, do método experimental, método este usado neste trabalho.

Dessa maneira, foram necessários procedimentos técnicos bibliográficos, para consulta de publicações relacionadas ao tema da pesquisa, e experimentais, para obtenção de dados em ensaios laboratoriais.

### **4.1 Materiais**

Os diferentes tipos de amidos utilizados no experimento foram fornecidos pela Ingredion e estão relacionados na Tabela 2. Quanto à preparação das folhas manuais de papel (no total de dez para cada dosagem de amido), água tratada foi utilizada em oito das folhas (para utilização nos

testes mecânicos) e nas duas restantes águas destilada (para utilização no teste óptico de Opacidade).

A polpa utilizada foi preparada a partir de celulose Kraft branqueada de eucalipto de mercado com um teor seco de 43,89 %.

Tabela 2 - Características dos amidos

Amidos	Densidade de carga	% cinzas	Umidade (%)
1	22	3,27	1,01
2	23,5	3,84	1,07
3	37,5	4,19	1,12
4	93	4,42	1,14

## 4.2 Métodos

### 4.2.1. Preparo da polpa

Inicialmente, as placas industriais de celulose foram hidratadas com água destilada por 4 horas. Em seguida, desagregada no hydropulper e centrifugada para retirada do excesso de água. Depois, toda a polpa foi despastilhada, armazenada em sacos plásticos e acondicionada sob-refrigeração para a realização dos trabalhos.

### 4.2.2. Preparo dos amidos

Os amidos foram aplicados em dosagens que variaram de 5 à 60 kg/tonelada de polpa (a.s.). Inicialmente, os amidos foram preparados totalizando um volume de 450 mL de solução com cloreto de sódio 10 mM.

Foram preparadas soluções aquecidas previamente. A solução foi colocada em aquecimento e, ao atingir a faixa de temperatura de 80 a 85°C, permaneceu em aquecimento durante mais 20 minutos sob agitação constante. Posteriormente, após serem resfriadas até a temperatura ambiente, as soluções foram transferidas para um balão volumétrico de 500 mL para ajuste de volume. Foram adicionados 10 ou 5 mL de cada uma das soluções e estas foram deixadas em estufas ajustadas a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  até peso constante para alcançar secagem das amostras, normalmente, durante a noite. O procedimento foi realizado em triplicata para cada amostra. Para a caracterização das soluções, foram fixadas as condições de pH  $7 \pm 0,2$  e concentração de sal a 10mM.

#### 4.2.3. Adição dos amidos (simulação da etapa industrial)

### **Parte úmida do processo de produção dos papéis (wet end)**

Após o preparo da polpa, 16 g de polpa (a.s.) foram desagregados em desagregador à úmido laboratorial (3000 revoluções), à consistência aproximada de 8%. Posteriormente a consistência foi ajustada para 2% (a.s.), e mantida sob constante agitação, no homogenizador, onde foram adicionadas as soluções contendo os amidos 1, 2, 3 e 4, nas diferentes dosagens (0,08g; 0,24g; 0,48g; 0,72g; 0,96g) equivalente à (0,5%; 1,5%; 3%; 4,5%; 6%), respectivamente base polpa. O tempo de adsorção dos amidos à polpa celulósica foi padronizado em 20 minutos.

Após a adsorção dos amidos foi realizado a medição da resistência a drenagem da polpa avaliada através do grau Schopper – Riegler ( $^\circ\text{SR}$ ), com a polpa a  $20^\circ\text{C}$ , segundo a norma ISO 5267/1.

Foram formadas folhas laboratoriais, em formador do tipo TAPPI, obedecendo à metodologia estabelecida pela TAPPI, com  $60 \text{ g/m}^2$ .

#### 4.2.4. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas dos papéis

As polpas foram avaliadas pelo seu desempenho em testes físicos e mecânicos de seus respectivos papéis descrito nos itens a seguir.

Para realização dos testes físicos e mecânicos das polpas sem refino foram formadas folhas laboratoriais, em formador do tipo TAPPI, obedecendo à metodologia estabelecida pela TAPPI. As folhas foram acondicionadas em ambiente com umidade relativa do ar de  $50\pm 2\%$  e temperatura de  $23\pm 1$  °C. Os testes realizados utilizaram os seguintes equipamentos: Rasgo: Elmendorf; Arrebentamento: Mullen; Opacidade: Datacolor elrepho 2000; Resistência à passagem de ar: Porosímetro de Gurley; Espessura de folhas: Micrômetro. As determinações relativas aos testes de Tração, ou seja, índice de tração, alongamento, energia absorvida pelo corpo de prova em regime de tração (TEA), foi realizada em aparelho de testes do tipo Instron-modelo 4204, conforme norma TAPPI T494 om-88, com as seguintes condições de teste: Velocidade de teste de 25 mm/min; Capacidade da célula de carga de 1000 N; Dimensões do corpo de prova de 160 x 15 mm e distância entre garras de 100 mm. A leitura dos valores das forças aplicadas procedeu através do uso de célula de carga e, a determinação das deformações foi feita através do deslocamento da barra de tracionamento do referido equipamento, ambos os quais são conectados através de um sistema de aquisição de dados controlados por computador, o qual permite o controle automatizado do sistema responsável pela coleta de dados e derivação das propriedades.

As análises experimentais foram realizadas conforme procedimentos e metodologias padronizadas de acordo com normas técnicas da “Technical Association of Pulp and Paper Industry” - TAPPI mostradas na Tabela 4. Os resultados obtidos dos diferentes testes físicos e mecânicos foram comparados aos de papéis que não tiveram adição de amido no seu desenvolvimento, chamados de referência.

Tabela 3 - Normas dos testes físicos e mecânicos a serem realizados nas polpas.

Formação de folhas laboratoriais de papéis	T 205 sp-95
Gramatura de papéis	T 220 sp-96
Testes físicos de papéis	T 220 sp-96
Resistência ao arrebentamento	T 403 om-97
Espessura de folhas de papéis	T 411 om-97
Resistência ao rasgo (Elmendorf)	T 414 om-98
Resistência à tração	T 494 om-96
Resistência à passagem de ar	T 536 om-96
Peso específico aparente	T 220 sp-96
Volume específico aparente	T 220 sp-96

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Testes físicos e mecânicos**

Os resultados dos testes físicos e mecânicos foram mostrados nas figuras a seguir.

#### **5.1.1. Resistência à drenagem**

A resistência à drenagem da polpa é quantificada neste estudo pelo método de Schopper - Riegler (°SR). Os resultados fornecem uma medida de escoamento a que pode ser removidos a água de uma suspensão fibrosa (MACEDO *et al.*, 2014).

Os resultados entre os amidos 2, 3 e 4 foram próximos entre si e apresentaram os melhores valores, com diminuição da resistência a drenagem nas dosagens 0,5%; 1,5% e 3%. O que ocasiona em economia de energia na produção do papel, trazendo benefícios para a indústria papelreira.

Observou-se também, aumento evidente do °SR para todas as polpas submetidas aos tratamentos com os amidos na dosagem de 6% em relação à



Referência (18°SR), o que reflete em maior utilização de energia no processo de produção de papel. Sendo que o amido 4 foi o que apresentou valor maior com um aumento de 33,3% na resistência à drenagem da polpa. Estes incrementos foram apresentados na Figura 3.

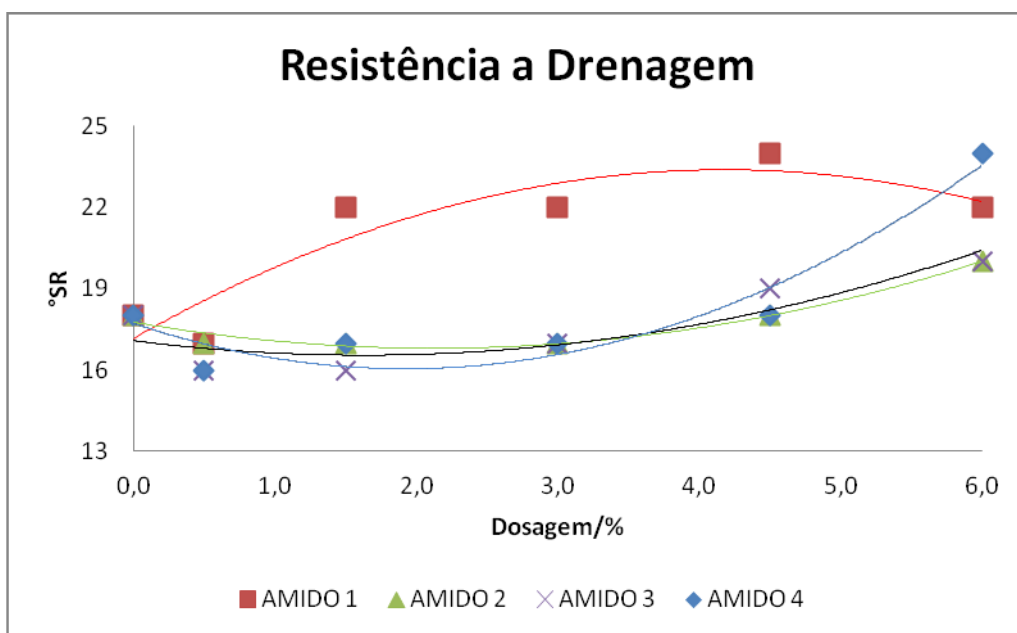


Figura 3 - Resistência à drenagem (°SR) em função das diferentes dosagens dos amidos 1, 2, 3, 4.

Tabela 4 - R<sup>2</sup> das linhas de tendência do gráfico de Resistência a drenagem.

AMIDOS	R <sup>2</sup>	EQUAÇÃO DOS GRÁFICOS
1	0,8432	$\hat{Y} = -0,3561x^2 + 2,9767x + 17,164$
2	0,9703	$\hat{Y} = 0,2132x^2 - 0,9053x + 17,765$
3	0,8063	$\hat{Y} = 0,4524x^2 - 1,7405x + 17,721$
4	0,9215	$\hat{Y} = 0,2132x^2 - 0,9053x + 17,765$

### 5.1.2. Volume específico aparente

Segundo Macedo *et al.* (2014) o volume específico aparente, também conhecido como bulk, é obtido dividindo-se a espessura do papel por sua

gramatura. As características estruturais das fibras também influenciam a determinação dessa propriedade.

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos para o volume específico aparente das polpas submetidas aos tratamentos com diferentes dosagens de amido.

Observa-se que o amido 3 foi o que apresentou valores maiores que a referência em todas as dosagens. Atingindo o valor máximo, 2,66 cm<sup>3</sup>/g, na dosagem 6%, com aumento de 22% em relação à referência, que apresentou valor de 2,18 cm<sup>3</sup>/g.

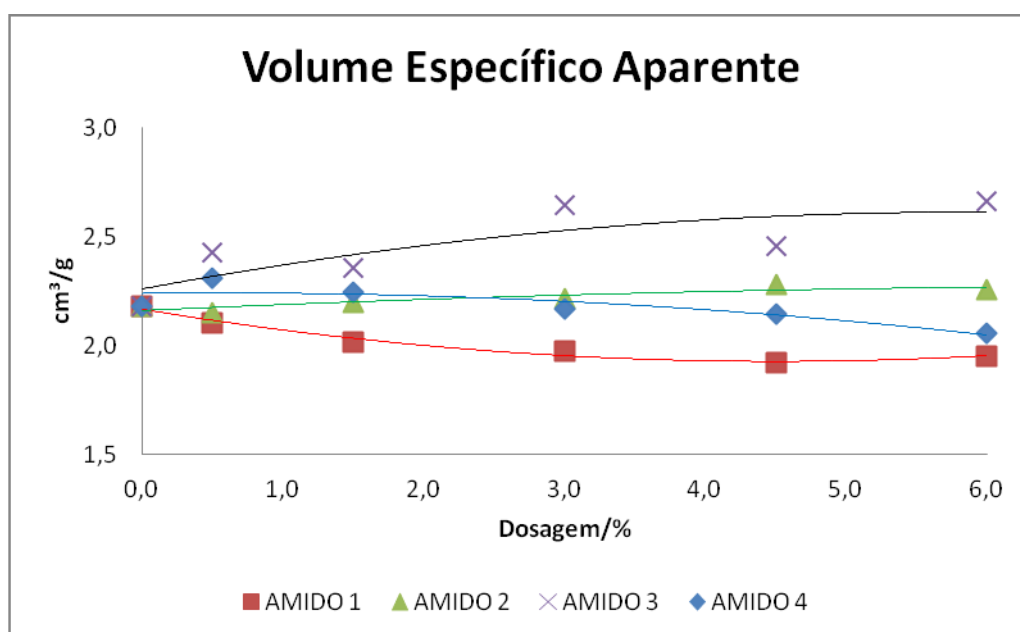


Figura 4 - Volume Específico Aparente (cm<sup>3</sup>/g) em função das diferentes dosagens dos amidos 1, 2, 3, 4.

Tabela 5 - R<sup>2</sup> das linhas de tendência do gráfico de Volume Específico Aparente.

AMIDOS	R <sup>2</sup>	EQUAÇÃO DOS GRÁFICOS
1	0,9743	$\hat{Y} = 0,0118x^2 - 0,1063x + 2,1655$
2	0,8213	$\hat{Y} = -0,0019x^2 + 0,0291x + 2,1603$
3	0,6509	$\hat{Y} = -0,0102x^2 + 0,1201x + 2,2595$
4	0,7579	$\hat{Y} = -0,0065x^2 + 0,0075x + 2,2387$

### 5.1.3. Resistência à tração

Neste estudo, a resistência à tração é expressa pelo índice de tração que é calculado com base na força necessária para causar ruptura da amostra, em relação à sua gramatura. A melhoria dos índices de tração resulta do aumento da área superficial (causado pela fibrilação externa) e da flexibilidade das fibras, que favorecem as suas interligações. (MACEDO *et al.*, 2014)

Os resultados obtidos para resistência à tração foram apresentados na Figura 5.

Todos os amidos em todas as dosagens apresentaram resultados superiores à Referência, que tem valor: 13,07 N.m/g.

Destacando-se o amido 3 na dosagem 4,5% em que houve um aumento de 136,9% no valor do índice de tração.

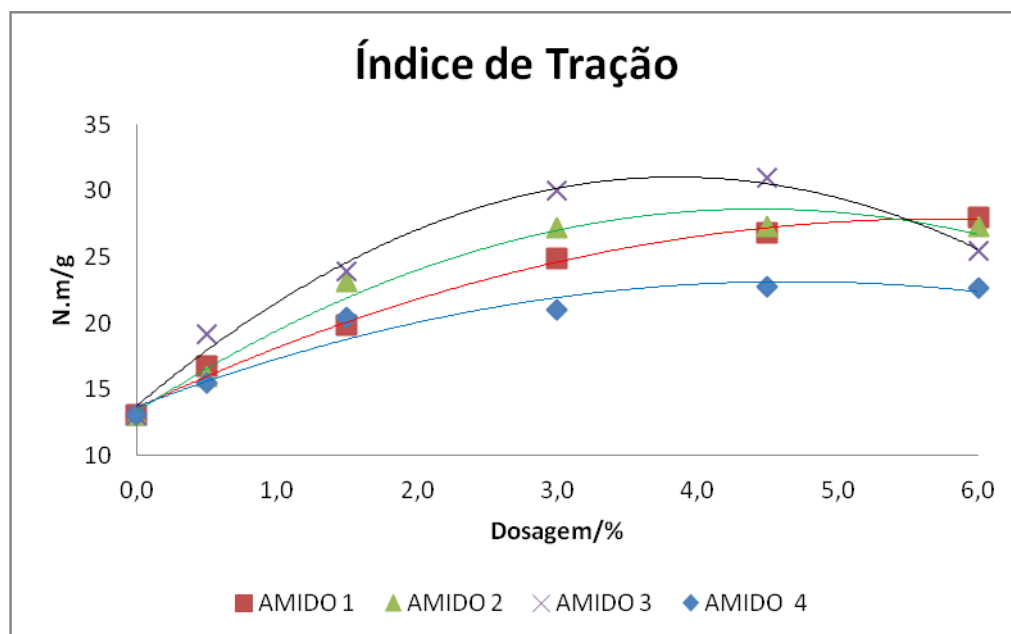


Figura 5 - Índice de Tração (N.m/g) em função das diferentes dosagens dos amidos 1, 2, 3, 4.

Tabela 6 - R<sup>2</sup> das linhas de tendência do gráfico de Índice de Tração.

AMIDOS	R <sup>2</sup>	EQUAÇÃO DOS GRÁFICOS
1	0,9937	$\hat{Y} = -0,4326x^2 + 4,9732x + 13,593$
2	0,9788	$\hat{Y} = -0,7807x^2 + 6,9212x + 13,282$
3	0,9883	$\hat{Y} = -1,172x^2 + 9,0102x + 13,72$
4	0,9478	$\hat{Y} = -0,4349x^2 + 4,0595x + 13,666$

#### 5.1.4. Resistência ao arrebentamento

Segundo Macedo *et al.* (2014) a resistência ao arrebentamento é definida como a pressão necessária para produzir o arrebentamento do material, ao se aplicar uma pressão uniformemente crescente, transmitida por um diafragma elástico, de área circular igual 962 mm<sup>2</sup>, sendo o corpo de prova submetido ao ensaio preso rigidamente entre dois anéis concêntricos.

Os valores obtidos para os ensaios de resistência ao arrebentamento foram apresentados na Figura 6.

Todos os tratamentos apresentaram resultados superiores à Referência (0,39 kPa.m<sup>2</sup>/g) nas diferentes dosagens.

Sendo que o amido 3 apresentou maiores valores para índice de arrebentamento em todas as dosagens analisadas. Com o ápice na dosagem de 6% com aumento maior que quatro vezes em relação à referência.

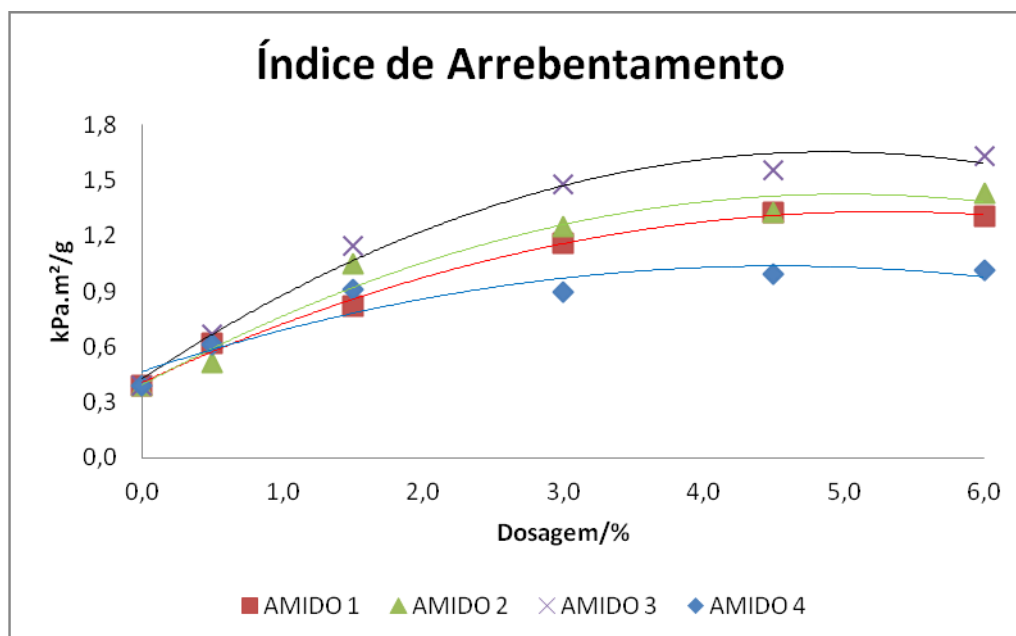


Figura 6 - Índice de Arrebetamento (kPa.m<sup>2</sup>/g) em função das diferentes dosagens dos amidos 1, 2, 3, 4.

Tabela 7 - R<sup>2</sup> das linhas de tendência do gráfico de Índice de Arrebetamento.

AMIDOS	R <sup>2</sup>	EQUAÇÃO DOS GRÁFICOS
1	0,9952	$\hat{Y} = -0,0331x^2 + 0,3495x + 0,4064$
2	0,9656	$\hat{Y} = -0,0412x^2 + 0,4123x + 0,3938$
3	0,9862	$\hat{Y} = -0,0511x^2 + 0,5003x + 0,4297$
4	0,8953	$\hat{Y} = -0,0277x^2 + 0,2516x + 0,4658$

### 5.1.5. Resistência ao rasgo

A resistência ao rasgo é, por definição, o trabalho necessário para rasgar um conjunto de folhas, executado por um pêndulo, após um corte inicial previamente realizado nas amostras. A força necessária para rasgar a amostra sob condição de teste é obtida da divisão do valor do trabalho executado pela distância total de rasgo na qual a força é aplicada. Nesta prática, a resistência ao rasgo é expressa na forma de índice de rasgo, o qual é o resultado da divisão da força média necessária para rasgar uma folha pela gramatura da amostra (MACEDO *et al.*, 2014).

Todos os tratamentos apresentaram resultados superiores à Referência (2,49 mN.m<sup>2</sup>/g) nas diferentes dosagens e foram apresentados na Figura 7.

Sendo que o amido 3 foi o que apresentou maiores valores em todas as dosagens, com destaque para dosagem 6% em que o valor aumentou em quase cinco vezes comparando com à referência.

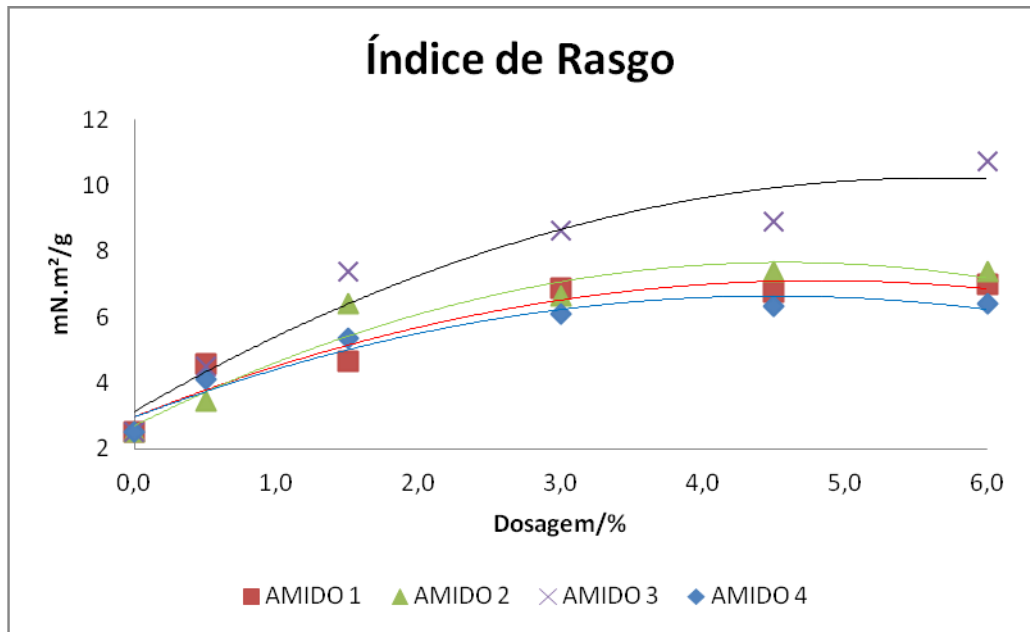


Figura 7 - Índice de Rasgo (mN.m<sup>2</sup>/g) em função das diferentes dosagens dos amidos 1, 2, 3, 4.

Tabela 8 - R<sup>2</sup> das linhas de tendência do gráfico de Índice de Rasgo.

AMIDOS	R <sup>2</sup>	EQUAÇÃO DOS GRÁFICOS
1	0,9161	$\hat{Y} = -0,1785x^2 + 1,7196x + 2,9651$
2	0,9373	$\hat{Y} = -0,2371x^2 + 2,1703x + 2,6939$
3	0,9413	$\hat{Y} = -0,2224x^2 + 2,5132x + 3,128$
4	0,9474	$\hat{Y} = -0,1821x^2 + 1,6378x + 2,9558$

### 5.1.6. Opacidade

Segundo Macedo *et al.* (2014) opacidade é o quociente entre o fator de reflectância de uma única folha contra um fundo completamente preto e o fator de reflectância de um conjunto de folhas opaco. De forma prática, é a capacidade de uma folha de papel para impedir a observação de caracteres impressos na face oposta (nível de não transparência da folha).

Todos os tratamentos apresentaram resultados superiores à Referência nas diferentes dosagens, como apresentado na Figura 8.

Destacou-se o amido 3 com melhores resultados, pois apresentou os maiores valores para todas as dosagens avaliadas, com destaque para a dosagem 6% em que o valor da opacidade teve um aumento de 3,96% em relação à referência.

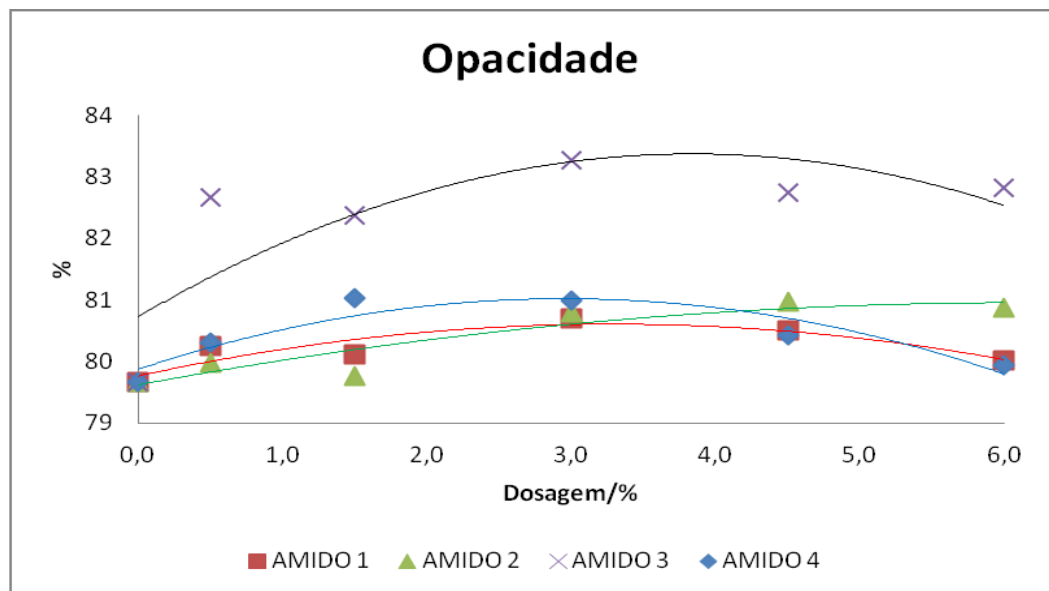


Figura 8 - Opacidade (%) em função das diferentes dosagens dos amidos 1, 2, 3, 4.

Tabela 9 - R<sup>2</sup> das linhas de tendência do gráfico de Opacidade.

AMIDOS	R <sup>2</sup>	EQUAÇÃO DOS GRÁFICOS
1	0,7933	$\hat{Y} = -0,0782x^2 + 0,5134x + 79,761$
2	0,8558	$\hat{Y} = -0,0356x^2 + 0,4362x + 79,616$
3	0,6228	$\hat{Y} = -0,1796x^2 + 1,3794x + 80,725$
4	0,8458	$\hat{Y} = -0,1318x^2 + 0,7781x + 79,87$

### 5.1.7. Resistência à passagem de ar

Segundo Macedo *et al.* (2014), a resistência à passagem de ar representa a dificuldade que um determinado volume de ar encontra para passar através de uma folha de papel e é dependente do número, do tamanho, da forma e da distribuição dos poros no material.

Um papel com maior resistência a passagem de ar possui uma rede fibrosa mais entrelaçada e dessa maneira evita a perda do revestimento aplicado para o interior do papel, como exemplo de revestimento temos o amido. Nesse caso, é desejável maiores resistências à passagem de ar.

Todos os amidos nas dosagens a partir de 3,0% apresentaram valores maiores do que a Referência (60 s/100cm<sup>3</sup>), destacando-se o amido 3, que na dosagem 4,5% apresentou o valor máximo, com aumento de 38,33% em relação à referência.



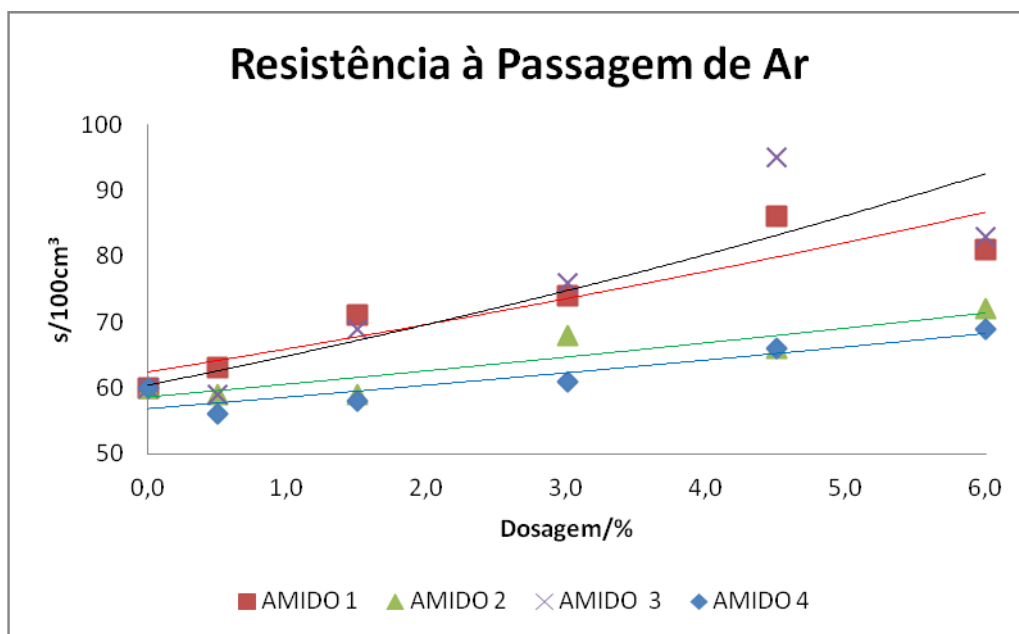


Figura 9 - Resistência à Passagem de Ar (s/100cm³) em função das diferentes dosagens dos amidos 1, 2, 3, 4.

Tabela 10 - R² das linhas de tendência do gráfico de Resistência à passagem de Ar.

AMIDOS	R²	EQUAÇÃO DOS GRÁFICOS
1	0,8542	$\hat{Y} = 62,421e^{0,0548x}$
2	0,8357	$\hat{Y} = 58,612e^{0,0329x}$
3	0,8049	$\hat{Y} = 60,406e^{0,0712x}$
4	0,8332	$\hat{Y} = 56,833e^{0,0306x}$

Levando em conta os resultados apresentados acima todos os amidos utilizados proporcionaram melhoras para resistência mecânica das polpas em relação à Referência.

Os incrementos observados a partir dos tratamentos permitem ganhar em termos de resistências físicas e mecânicas do papel ou manter as especificações do papel constantes.

Dessa maneira, a aplicação do tipo de amido e suas respectivas dosagens variam de acordo com o objetivo final que se destina o papel em termos de suas exigências de qualidade no meio comercial. (Como por exemplo: para impressão e escrita, para embalagens, ou e ou para papéis com fins sanitários).

De modo geral, o tratamento com o amido 3, na dosagem 4,5% para os testes de Índice de tração e Resistência à passagem de ar, na dosagem 3% para Opacidade e na dosagem 6% para os testes restantes, resultou em melhores resultados para resistência mecânica dos papéis quando comparado com os outros tratamentos, já que em todos os testes com exceção do Resistência à drenagem (na qual os amidos 2, 3 e 4 se destacaram positivamente) apresentou melhores resultados.

Considerando a relativa simplicidade na aplicação dos amidos e na adsorção deles sobre a fibra, pode-se dizer que tais tratamentos possuem uma aplicabilidade industrial, já que além de proporcionar resultados positivos o custo da matéria prima utilizada é baixo.

## 6 CONCLUSÕES

Levando em conta os resultados alcançados ao longo do desenvolvimento do presente estudo pode-se concluir que a utilização de amidos de milho modificados gelificados à temperatura de 80 a 85°C e pH  $7 \pm 0,2$ , para melhorar as características físicas e químicas do papel foi realmente satisfatória, sendo que as diferentes dosagens dos amidos utilizados influenciaram decisivamente no resultado final. De modo geral, o tratamento com o amido 3, na dosagem 4,5% para os testes de Índice de tração e Resistência à passagem de ar, na dosagem 3% para Opacidade e na dosagem 6% para os testes restantes, resultou em melhores resultados para resistência mecânica dos papéis quando comparado com os outros tratamentos, já que em todos os testes com exceção do Resistência à drenagem (na qual os amidos 2, 3 e 4 se destacaram positivamente) apresentou melhores resultados.

Esta tendência positiva ao tratamento com diferentes amidos aponta o potencial do uso de amido para ganhos na qualidade papeleira de polpas, viabilizando seu aproveitamento técnico e econômico como fonte de matéria-prima na indústria do papel.

Através deste trabalho foi possível constatar também a importância do uso de amidos na indústria de papel, comprovando mais uma vez que o estudo dessa aplicação é uma questão que pode evoluir muito.

## **7 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS**

Levando em conta os resultados alcançados com o uso dos amidos 1, 2, 3 e 4 é interessante a avaliação do uso destes amidos em outros momentos de formação e acabamento dos papéis, como por exemplo, para revestimento (coating).

## REFERÊNCIAS

ADRIONI, José Luiz Lino (org.). Fabricação do Papel: Refinação. Curitiba: SENAI. PR. 2006.

CEREDA, M., P., VILPOUX, O., Demiate, I.M., Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas. São Paulo: Fundação Cargill, 2003.

CORN PRODUCTS BRASIL – Manual Técnico, 2002.

CORRADINI, E. *et al.* Estudos comparativos de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. Polímeros, São Carlos, SP, v. 15, n. 4, Out./Nov. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/po/v15n4/a11v15n4.pdf>. Acesso em: 10/05/2015.

FORNUÉ, A, *et al.* Fundamental aspects of adhesion between cellulosic surfaces in contact - A review. O Papel, v. 72, n. 9, 85-90, SET. 2011.

GIL, A. C. Como elaborar um projeto de pesquisa. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1991.

MACEDO P., R., *et al.* Avaliação do Tratamento Enzimático sobre Propriedades Físicas e Mecânicas Papéis Oriundos de Polpa Kraft Branqueada de Eucalipto. Em: Simpósio de Integração Acadêmica, 2014, 20 a 25/10/2014 Viçosa, MG. 2014.

MARTINS A., G., B., MATIAS C., L., N., Formação e caracterização de complexos de polieletrólitos e sua aplicação como alternativa para melhoria da resistência do papel. Minas Gerais, 2011.

National Starch and Chemical Industrial Ltda (2001) – Propriedades dos Amidos e sua Aplicação na Indústria Papeleira – MPnF – 0047, 2001.

National Starch and Chemical Industrial Ltda (1995) – Divisão de Amidos Alimentícios. *Tecnologia de amido alimentício*. 13p.

PEEK, L. R. Defining Quality for Cationic and Amphoteric Wet End Starches. – During TAPPI, 1987 – Papermakers Conference Proceedings.

SILVA, D. S. ALMEIDA, J. M., OLIVEIRA, R. C. The use of cationic starch and starch complexes as alternative to improve fiber quality for printing and writing grades. In: 5th International Colloquium on Eucalyptus Pulp, 2011, 9 a 12/05/2011 Porto Seguro, BA. 2011.

TAPPI, 1985 – Papermakers Conference: “The Application of Cationic and Amphoteric Wet End Starches”.

VALDEJÃO, R. De. & JANSON, J. A. Propriedades dos Amidos e suas Aplicações Básicas na Indústria Papeleira *in*: O Papel: Agosto, 1996.

WALLIS, A. Chemical analysis of polysaccharides in plantation eucalypt woods and pulps. *Appita Journal*. 49, 427-432. 1996



## APÊNDICE A – RESULTADO DOS TESTES FÍSICOS MECÂNICOS DAS AMOSTRAS

Tabela 11 - Valores dos testes para as diferentes dosagens dos amidos (1, 2, 3, 4).

	DOSAGEM	GRAMATURA	°SR	ÍNDICE DE ARREBENTAMENTO	POROSIDADE (s/100cm <sup>3</sup> )	ÍNDICE DE RASGO	OPACIDADE	ÍNDICE DE TRAÇÃO	VEA
AMIDO 1	0,0	64,74	18	0,39	60,00	2,49	79,67	13,07	2,18
	0,5	65,05	17	0,62	63,00	4,58	80,24	16,72	2,10
	1,5	67,12	22	0,82	71,00	4,66	80,11	19,82	2,01
	3,0	63,79	22	1,16	74,00	6,89	80,70	24,87	1,98
	4,5	66,14	24	1,32	86,00	6,76	80,50	26,83	1,92
	6,0	66,79	22	1,31	81,00	6,98	80,01	28,02	1,95
AMIDO 2	0,0	64,74	18	0,39	60,00	2,49	79,67	13,07	2,18
	0,5	64,57	17	0,52	59,00	3,45	79,98	15,98	2,15
	1,5	63,96	17	1,05	59,00	6,40	79,77	23,18	2,20
	3,0	64,22	17	1,25	68,00	6,63	80,79	27,25	2,22
	4,5	64,86	18	1,32	66,00	7,37	80,97	27,27	2,28
	6,0	63,67	20	1,43	72,00	7,39	80,87	27,33	2,26
AMIDO 3	0,0	64,74	18	0,39	60,00	2,49	79,67	13,07	2,18
	0,5	64,99	16	0,67	59,00	4,51	82,67	19,18	2,43
	1,5	64,07	16	1,15	69,00	7,38	82,37	23,93	2,35
	3,0	65,42	17	1,48	76,00	8,65	83,28	30,00	2,64
	4,5	65,01	19	1,56	95,00	8,90	82,74	30,96	2,33
	6,0	65,03	20	1,63	83,00	10,72	82,83	25,43	2,66
AMIDO 4	0,0	64,74	18	0,39	60,00	2,49	79,67	13,07	2,18
	0,5	66,13	16	0,61	56,00	4,11	80,30	15,50	2,31
	1,5	65,85	17	0,91	58,00	5,35	81,03	20,43	2,25
	3,0	68,21	17	0,90	61,00	6,08	80,99	20,98	2,17
	4,5	67,40	18	0,99	66,00	6,33	80,42	22,78	2,14
	6,0	65,25	24	1,01	69,00	6,41	79,94	22,70	2,05