



CONGRESSO BRASILEIRO  
DE ENGENHARIA QUÍMICA EM  
INICIAÇÃO CIENTÍFICA

21-24 Julho de 2019  
Uberlândia/MG



# ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE AMIDO E COPRODUTOS DA INDÚSTRIA DE CAFÉ EM PROPRIEDADES DE PAPEL RECICLADO PRODUZIDO ARTESANALMENTE

T. E. LOPES<sup>1</sup> e J. V. W. SILVEIRA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Faculdade de Engenharia Química

E-mail para contato: tiagoeugenio868@gmail.com

**RESUMO** – Os resíduos sólidos apresentam números alarmantes, sendo que o crescimento da industrialização é um dos fatores que proporcionam esses números. O Brasil assume uma posição de destaque entre os maiores produtores de papel do mundo, com isso a produção de resíduo de papel também se mostra expressiva. Uma alternativa para combater esse grande número de resíduos de papel é através do processo de reciclagem, que pode ser feita de modo industrial ou artesanal. Além disso, essa reciclagem abre espaço para que se acrescente alguns aditivos ao papel com diferentes intenções. Esse trabalho teve como objetivo estudar a otimização da produção artesanal do papel reciclado adicionado de coprodutos da agroindústria do café e amido. Foi empregado um planejamento fatorial 2<sup>2</sup> completo, analisando a espessura, gramatura e absorção de água. Observou-se que o amido e o coproduto não influenciaram na espessura do papel e na absorção de água; o coproduto influenciou na gramatura. Pela otimização foi definida uma concentração próxima de 30% de coprodutos para uma gramatura máxima.

## 1. INTRODUÇÃO

A conscientização sobre questões ambientais, limitação de recursos disponíveis e responsabilidade social, levam a reflexão e adoção de práticas sustentáveis. Buscando alternativas para não agredir o meio ambiente através da exploração da madeira e evitar o consumo excessivo de água, a prática da reciclagem vem ganhando destaque entre os produtores de papel. Uma vez que a fibra já está pronta, não há necessidade de extração da madeira para obter celulose, reduzindo o consumo de água (FARIAS, 2013).

Quando se trata da reciclagem de papel, uma temática que vem ganhando destaque é a aplicação de coprodutos agroindustriais locais. Isso é devido ao fato que grande parte desses coprodutos são materiais celulósicos e se adaptam facilmente ao papel (BASTIANELLO et al., 2009). A região norte do estado de Minas Gerais apresenta números significativos na produção de café. Assim, os coprodutos da agroindústria de café aparecem como uma alternativa a ser adicionado na produção de papel reciclado.



O amido, além de sua utilização mais conhecida nos alimentos, também pode ser utilizado como matriz polimérica termoplástica (CAMPAGNER et al., 2014). Essa característica do amido torna uma opção para a produção de papéis mais resistentes e hidrofóbicos (LERMEN et al., 2014).

Com as possibilidades de se trabalhar com os coprodutos da agroindústria de café e com o amido, pode-se obter um papel reciclado com características regionais e propriedades específicas. Nesse trabalho foi produzido um papel reciclado com coprodutos da agroindústria do café e amido, para observar suas propriedades foram realizados ensaios de espessura, gramatura e absorção de água. O objetivo desse trabalho foi produzir o papel reciclado adicionando amido e coprodutos da indústria de café, realizar testes de caracterização e realizar análises estatísticas para determinar o melhor ponto para a produção do papel.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente trabalho foi conduzido nos laboratórios de Engenharia Química e Tecnologia dos Materiais da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), em Diamantina, Minas Gerais.

### **2.1. Material**

Para a confecção do papel reciclado foi utilizado papel (folha A4 branca), epicarpo do café separado do grão e seco e amido de milho.

### **2.2. Confecção do papel**

Para a confecção do papel foi usada a metodologia de Buss (1991), adaptada. O papel com tamanho de partículas reduzidos foi imerso em uma solução de amido (concentração de 1,0; 2,5 e 4,0%) juntamente com o epicarpo de café. Após 14h essas aparas de papel foram para a agitação em um liquidificador. A polpa obtida foi separada em amostras iguais. Essas amostras foram levadas para uma filtragem através de uma bomba a vácuo para se retirar o excesso de água e buscar homogeneizar a distribuição das fibras. Após a filtração, o papel foi deixado em condições de ambiente por aproximadamente 3 dias.

### **2.3. Ensaios**

Foram realizados três diferentes ensaios com o papel, sendo eles: gramatura, espessura e absorção de água.

A gramatura é a massa por unidade de área do papel, normalmente expressa em gramas por metro quadrado ( $\text{g.m}^{-2}$ ). Os corpos de prova foram preparados com áreas de 40  $\text{cm}^2$ . O ensaio foi baseado na NBR539 de 04/2017, com adaptações.

Espessura é a distância entre as duas faces do papel. Sua determinação se dá pela medida da espessura de uma só folha sob a ação de uma carga estática, determinada por um micrômetro. O ensaio foi realizado de acordo a NBR9160 de 12/1985, com adaptações.



Esse método mensura a massa de água absorvida por 1 m<sup>2</sup> de papel em um tempo especificado. O ensaio está de acordo a NBR NM ISO 535, com adaptações

## 2.4. Planejamento experimental

Para a análise dos resultados foi utilizado o planejamento fatorial 2<sup>n</sup> com ponto central. A Tabela 1 representa o método do planejamento 2<sup>2</sup>, sendo: os valores máximos (+1), mínimos (-1) e os dois últimos como repetição do ponto central (0) com a intenção de estimar o erro em diversos pontos. Os resultados obtidos (gramatura, espessura e absorção de água), foram analisados através do software Statistica 8.0.

Tabela 1 – Parâmetros de análise do planejamento 2<sup>2</sup>

Amostra	Amido		Resíduo	
1	1,0%	(-1)	20%	(-1)
2	4,0%	(+1)	20%	(-1)
3	1,0%	(-1)	40%	(+1)
4	4,0%	(+1)	40%	(+1)
5	2,5%	(0)	30%	(0)
6	2,5%	(0)	30%	(0)

Para a realização da análise estatística são utilizadas uma análise de variância através da Tabela ANOVA e as Superfícies de Resposta para cada variável analisada. Na Tabela ANOVA, são apresentadas as seguintes informações: soma dos quadrados (SQ), graus de liberdade (GL), quadrado médio (QM), estatística F (F) e o valor-p (P)

## 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

O software Statistica 8.0 forneceu Superfícies de Resposta e Tabelas ANOVA para cada um dos ensaios realizados. As análises foram realizadas e discutidas para compreensão das influências das variáveis na produção do papel.

### 3.1. Espessura

Para a resposta espessura do papel produzido, as análises foram realizadas em corpos de prova submetidos as variações de amido e resíduos apresentadas na Tabela 1, ao final calculou-se a média entre os mesmos.

A Tabela 2 é uma tabela ANOVA que fornece a análise de variância. Pela análise não se pode afirmar que as modificações das variáveis independentes influenciam diretamente nos resultados dos ensaios de espessura. Esse resultado era esperado, pois sabe-se que a espessura está relacionada à quantidade de matéria com que se trabalha em uma superfície. Sendo assim o aumento da quantidade de matéria pode levar a obtenção de um corpo de prova com uma espessura maior.



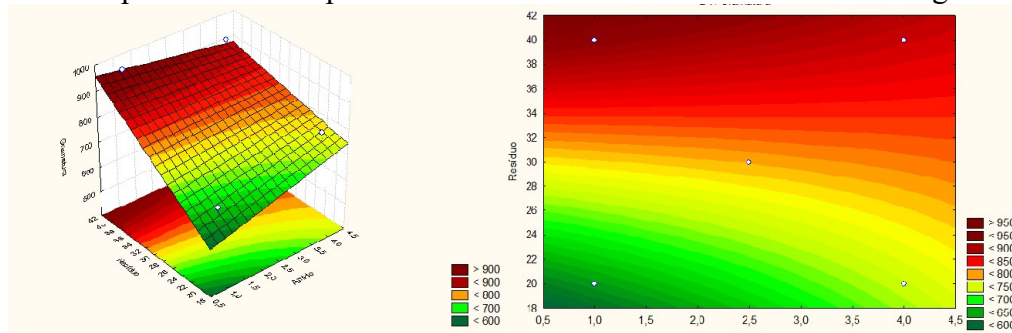
Tabela 2 - ANOVA para o ensaio de espessura

	SQ	GL	QM	F	P
<b>Amido</b>	0,000961	1	0,000961	0,013279	0,918787
<b>Resíduos</b>	0,099856	1	0,099856	1,379781	0,361059
<b>1 por 2</b>	0,072900	1	0,072900	1,007311	0,421248
<b>Erro</b>	0,144742	2	0,072371		
<b>Total</b>	0,318459	5			

### 3.2. Gramatura

Para a resposta gramatura do papel produzido, as análises foram realizadas em corpos de prova submetidos as variações de amido e resíduos apresentadas na Tabela 1. Foram obtidas a SR da Figura 1 e a Tabela ANOVA (Tabela 3).

Figura 1 - Superfícies de Resposta obtidas com os resultados dos ensaios de gramatura.



A Tabela 3 é a tabela ANOVA para o ensaio de gramatura. Pela análise da tabela, pode-se perceber que a gramatura é uma variável que está mais relacionada ao resíduo do que com o amido. Com um ajuste quadrático dos pontos coletados obtém-se uma equação de segunda ordem que representa a dependência da gramatura em relação à concentração de resíduos. Com a otimização da curva, podemos encontrar o ponto onde a gramatura será máxima. Esse ponto é a concentração de 29,32% de resíduos.

Tabela 3 - ANOVA para o ensaio de gramatura.

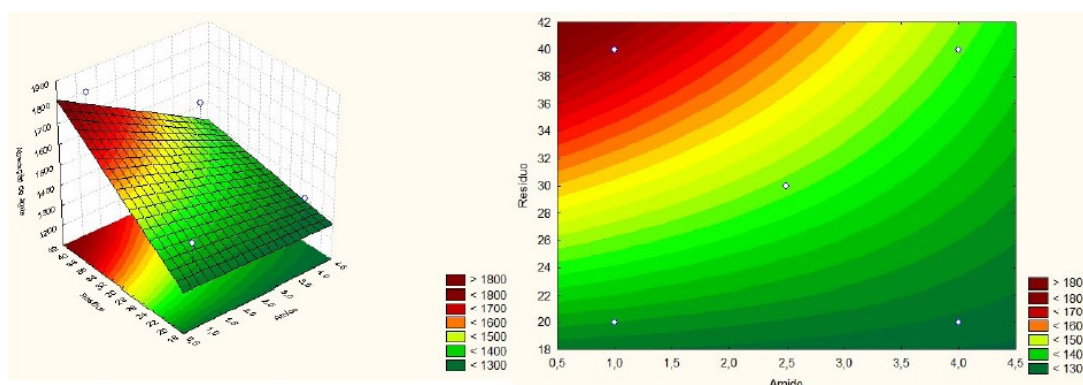
	SQ	GL	QM	F	P
<b>Amido</b>	787,50	1	787,50	0,037335	0,864630
<b>Resíduos</b>	43446,19	1	43446,19	2,059726	0,287711
<b>1 por 2</b>	5455,82	1	5455,82	0,258653	0,661597
<b>Erro</b>	42186,38	2	21093,19		
<b>Total</b>	91875,89	5			

Análises a partir das SR da Figura 1, revelam que o amido interfere fracamente nos valores de gramatura. Segundo a literatura, valores de gramatura estão relacionados com espessura (FERNANDES et al., 2011). Nesse trabalho, essa relação não se mostrou evidente. A justificativa está na diferença de densidade entre as fibras do papel e os resíduos do café. Dessa maneira, as maiores concentrações de resíduo apresentaram maiores valores de gramatura sem necessariamente possuírem maiores espessuras.

### 3.3. Absorção de água

Para a resposta absorção de água do papel produzido, as análises foram realizadas em corpos de prova submetidos as variações de amido e resíduos apresentadas na Tabela 1. Foram obtidas a SR da Figura 2 e a Tabela ANOVA (Tabela 4).

Figura 2 - Superfícies de Resposta obtidas com os resultados dos ensaios de absorção de água



A Tabela 4 é a tabela ANOVA para os ensaios de absorção de água. Analisando a tabela, é possível perceber que a absorção de água é pouco influenciada pela quantidade de resíduos.

Analisando as SR da Figura 3, é possível notar que um aumento na quantidade de amido influencia na absorção de água. Esse fato era esperado, pois como observado na literatura o amido apresenta uma característica hidrofóbica (LERMEN et al., 2014). É possível notar também que o aumento da quantidade de resíduos causa uma maior absorção de água. Esse aumento pode ser justificado pelo fato que os resíduos, por não possuírem formato regular, podem originar poros na estrutura interna do corpo de prova. Assim a absorção acaba sendo maior.

Tabela 4 - ANOVA para o ensaio de absorção de água

	SQ	GL	QM	F	P
<b>Amido</b>	25864,7	1	25864,68	0,285174	0,646739
<b>Resíduos</b>	71342,4	1	71342,41	0,786593	0,468702
<b>1 por 2</b>	13322,9	1	13322,93	0,146893	0,738425





CONGRESSO BRASILEIRO  
DE ENGENHARIA QUÍMICA EM  
INICIAÇÃO CIENTÍFICA

21-24 Julho de 2019  
Uberlândia/MG



Erro	18135,9	2	90697,95		
Total	291925,9	5			

#### 4. CONCLUSÃO

De acordo com os ensaios, foi possível perceber que as variáveis independentes não influenciam na espessura do papel e na absorção de água. Em relação ao teste de gramatura, o ponto que fornece máxima gramatura é próximo de 29%.

#### 5. REFERÊNCIAS

BASTIANELLO, S.F.; TESTA, R.C.; PEZZIN, A.P.T.; SILVA, D.A.K. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de papéis reciclados artesanais com resíduos de bananeira ou palha de arroz. **Revista Matéria**, v. 14, n. 4, 2009.

BUSS, D. E. **Como fazer papel artesanal**. In: Papel Artesanal: veículo criativo na arte e na sociedade. 1991, 51 f. Dissertação (mestrado): -ECA: Escola de Comunicação e Artes, USP, São Paulo, 1991.

CAMPAGNER, M. R.; MORIS, V. A. S.; PITOMBO, L. M.; CARMO, J. B.; PAIVA, J. M. F. Filmes poliméricos baseados em amido e lignossulfonatos: preparação, propriedades e avaliação da biodegradação. **Polímeros**, v. 24, n. 6, p. 740–751, 2014.

FARIAS, R. **O impacto ambiental na substituição do papel virgem por papel reciclado em embalagens corrugadas**. 2013. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

LERMEN, F. H.; COELHO, T. M.; FILHO, N. A.; MATSUDA, C. K.; KOZECHEN, A.P. O uso do Amido Modificado Oxidado com características Hidrofóbicas para garantir o baixo teor de umidade em papéis reciclados. In: **VIII ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 2014 a, Curitiba.