6th International Workshop - Advances in Cleaner Production
São Paulo - Brazil - 24th to 26th, May - 2017

DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITO TERMOPLÁSTICO-MADEIRA FEITO COM ADESIVO DE AMIDO PARA MOLDAGEM POR INJEÇÃO

Maurício de Oliveira Gondak, MSc (UFPR)
Márcia Silva de Araújo, PHd (UTFPR)

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS CURITIBA

Academic Work

Introdução

IMPORTÂNCIA DO TEMA

- Reaproveitamento de resíduos.
- Legislação ambiental.

OBJETIVO GERAL

- Obtenção de composto de farinha de madeira para injeção direta.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Formular um adesivo de amido de milho industrial a partir da relação otimizada água-amido e NaOH a temperatura ambiente para a formação do melhor ligante para o termoplástico e a farinha de madeira;
- Estudar o efeito do amido de milho em compósitos nas propriedades mecânicas do compósito.

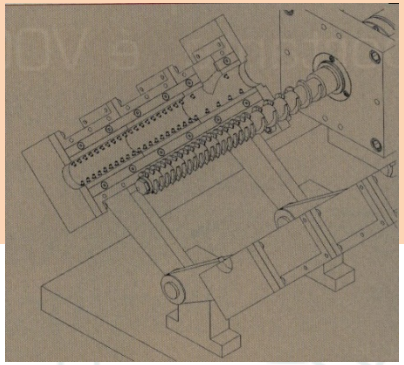
JUSTIFICATIVA

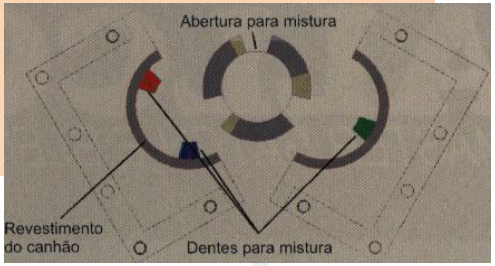
- Redução do nº de equipamentos necessários no processamento.

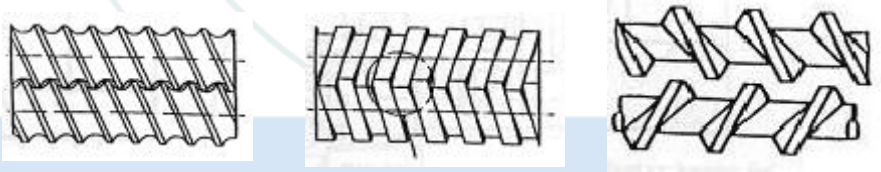
PROCESSAMENTO DE COMPÓSITOS TERMOPLÁSTICO-FARINHA DE MADEIRA

- **FATORES QUE INFLUENCIAM O PROCESSAMENTO:**
  - DISPERSÃO DA FIBRA;
  - COMPRIMENTO DA FIBRA;
  - RAZÃO DE ASPECTO DA FIBRA;
  - ORIENTAÇÃO DA FIBRA;
  - TIPO DE TRATAMENTO DA FIBRA;
  - TEOR DE ADITIVOS;
  - ÍNDICE DE FLUIDEZ;
  - ETC.

- **EQUIPAMENTOS MAIS UTILIZADOS PARA MISTURA:**
  - EXTRUSORAS MONO ROSCA;
  - EXTRUSORAS DUPLA ROSCA;
  - MISTURADORES CONTÍNUOS.







Tipos comerciais de duplas-roscas: inter-acoplada (co-rotante), inter-acoplada (contra-rotante) e não inter-acoplada contra-rotante (MACHADO ; MARTIN, 1998).

MERCADO DE COMPÓSITOS TERMOPLÁSTICO-FARINHA DE MADEIRA

MATERIAIS E MÉTODOS

COMPOSIÇÃO DAS MISTURAS

PEBD MICRONIZADO
G 803 da Politeno;
I.F. 28,0 g/10min (ASTM D-1238);
Densidade aparente 0,918 g/cm^3 (ASTM D-1835);
Tamanho médio de partículas 500 µm (ASTM D-1921);
TRM Resinas Termoplásticas Indústria e Comércio Ltda.

AMIDO DE MILHO
AMIDEX® 3001;
Teor de umidade em torno de 14,0%;
pH entre 4,5 e 5,5;
Densidade aparente de 0,7 g/cm^3;
27% de amilose e 73% de amilopectina.
Corn Products Brasil.

COMPÓSITO TERMOPLÁSTICO - FARINHA DE MADEIRA-AMIDO DE MILHO

FARINHA DE MADEIRA
Pinnus eliotti (M-80);
Pinhopó Moagem de Madeiras Ltda.

FISICA
- Índice de Contração (ASTM D-955)
- Densidade (ASTM D-792)

MECANICA
- Tração (ASTM D-638)
- Impacto (D-256, charpy)

REOLOGICA
- M.F.I . (ASTM D-1238)

MORFOLOGICA
- M.O.
- M.E.V.

DENSIDADE

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

TEOR DE UMIDADE

MÉTODOS - PREPARAÇÃO DOS ADESIVOS

Amostra	*Amido (g/100 mL)*	*NaOH (% em massa de amido)*	*NaOH (mL)*	*Volume de água (mL)*
1	10	10	1	99
2	10	15	1,5	98,5
3	10	20	2	98
4	10	25	2,5	97,5
5	10	30	3	97
6	15	10	1,5	98,5
7	15	20	3	97
8	15	25	3,75	96,25
9	15	30	4,5	95,5
10	15	35	5,25	94,75
11	15	40	6	94
12	20	20	4	96

Amostra	*Amido (g/100 mL)*	*NaOH (% em massa de amido)*	*NaOH (mL)*	*Volume de água (mL)*
13	20	25	5	95
14	20	30	6	94
15	20	35	7	93
16	20	40	8	92
17	25	20	5	95
18	25	25	6,25	93,75
19	25	30	7,5	92,5
20	25	35	8,75	91,25
21	25	40	10	90
22	25	50	12,5	87,5
23	30	45	13,5	86,5

Patente 13.436 de 1912 (PERKINS).

MÉTODOS - COMPOSIÇÃO DA MISTURA

Composição	Amido (% em massa)	Farinha de Madeira (% em massa)	PEBD (% em massa)	Adesivo (g/100 mL)
1	10	30	60	10
2	12,5	30	57,5	10
3	15	30	55	10
4	10	30	60	15
5	12,5	30	57,5	15
6	15	30	55	15
7	10	30	60	20
8	12,5	30	57,5	20
9	15	30	55	20
10	0	30	70	0
PEBD	0	0	100	0

COMPOSIÇÃO DAS MISTURAS

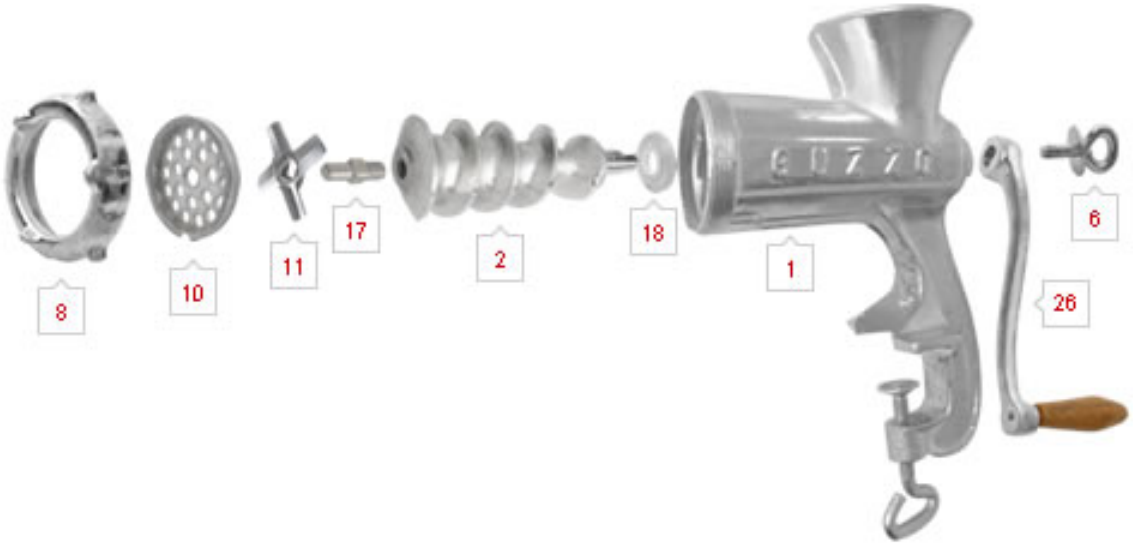
SECAGEM DA FIBRA

MISTURA MANUAL

CONFORMAÇÃO

Patente 13.436 de 1912 (PERKINS).

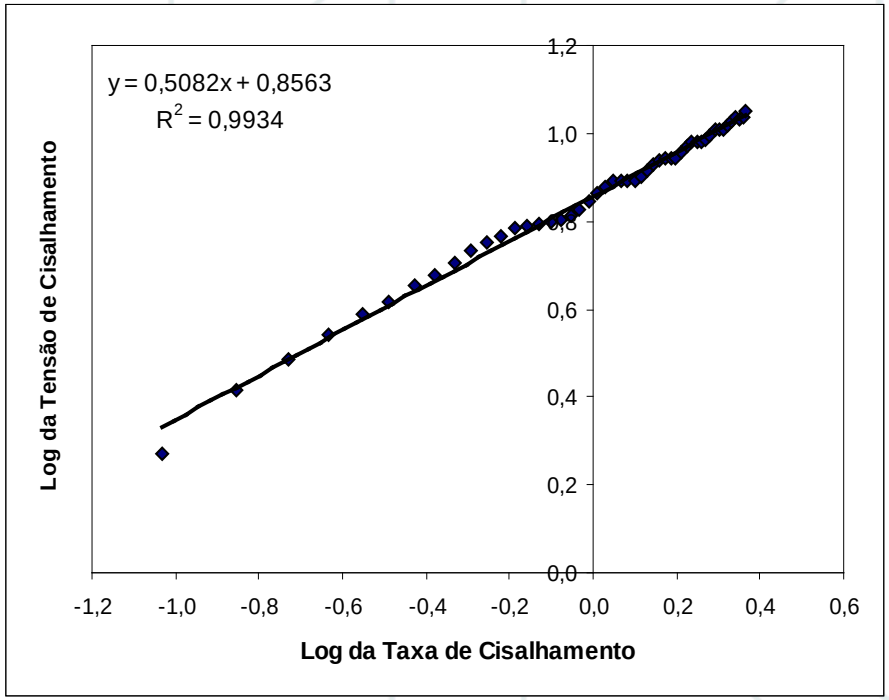
COMPOSIÇÃO DAS MISTURAS



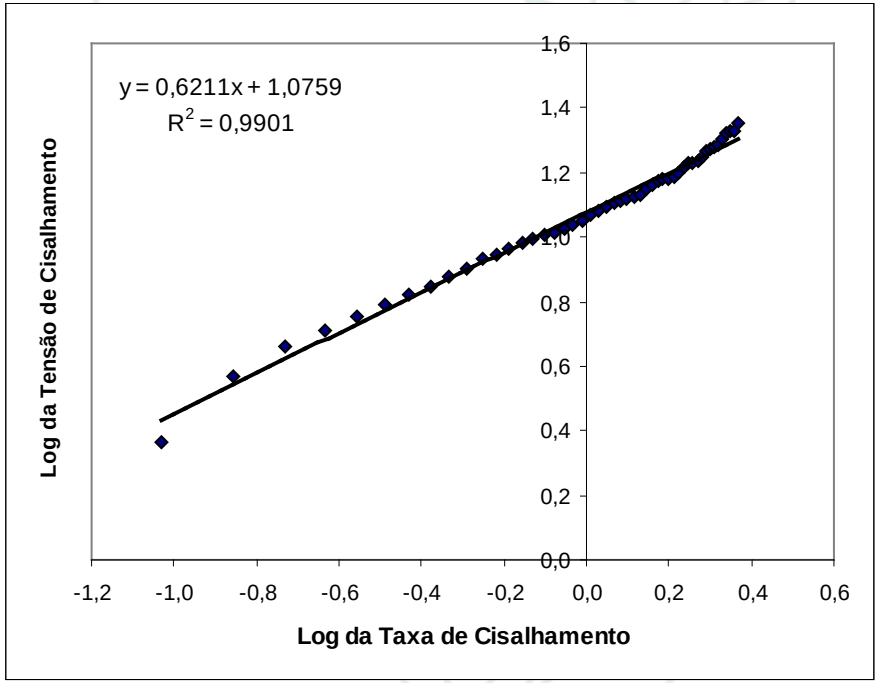
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Coarseness (mg/100m)	*Nº de Material Fibroso/grama*	*Nº de Objetos Medidos*	*Comprimento Médio Ponderado (mm)*	*Largura Média Ponderada (μm)*	*Teor Finos (%)*
13,76	12,98	28.631	0,56	240,79	74,30
13,40	13,33	29.409	0,56	250,59	72,90
12,36	14,44	31.863	0,56	250,22	71,73
MÉDIA			**0,56**	**247,20**	**72,98**

RESULTADOS E DISCUSSÃO
CARACTERIZAÇÃO VISCOSIMÉTRICA DO ADESIVO

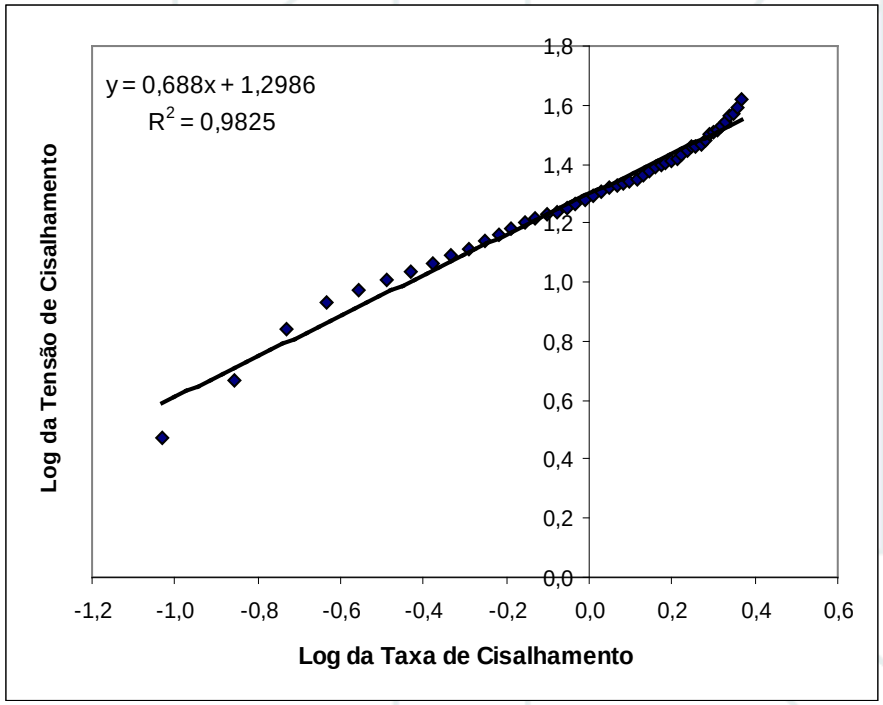


Curva do adesivo de 10 g/100 mL de amido.



Curva do adesivo de 15 g/100 mL de amido.

Resultados e Discussão
CARACTERIZAÇÃO VISCOSIMÉTRICA DO ADESIVO



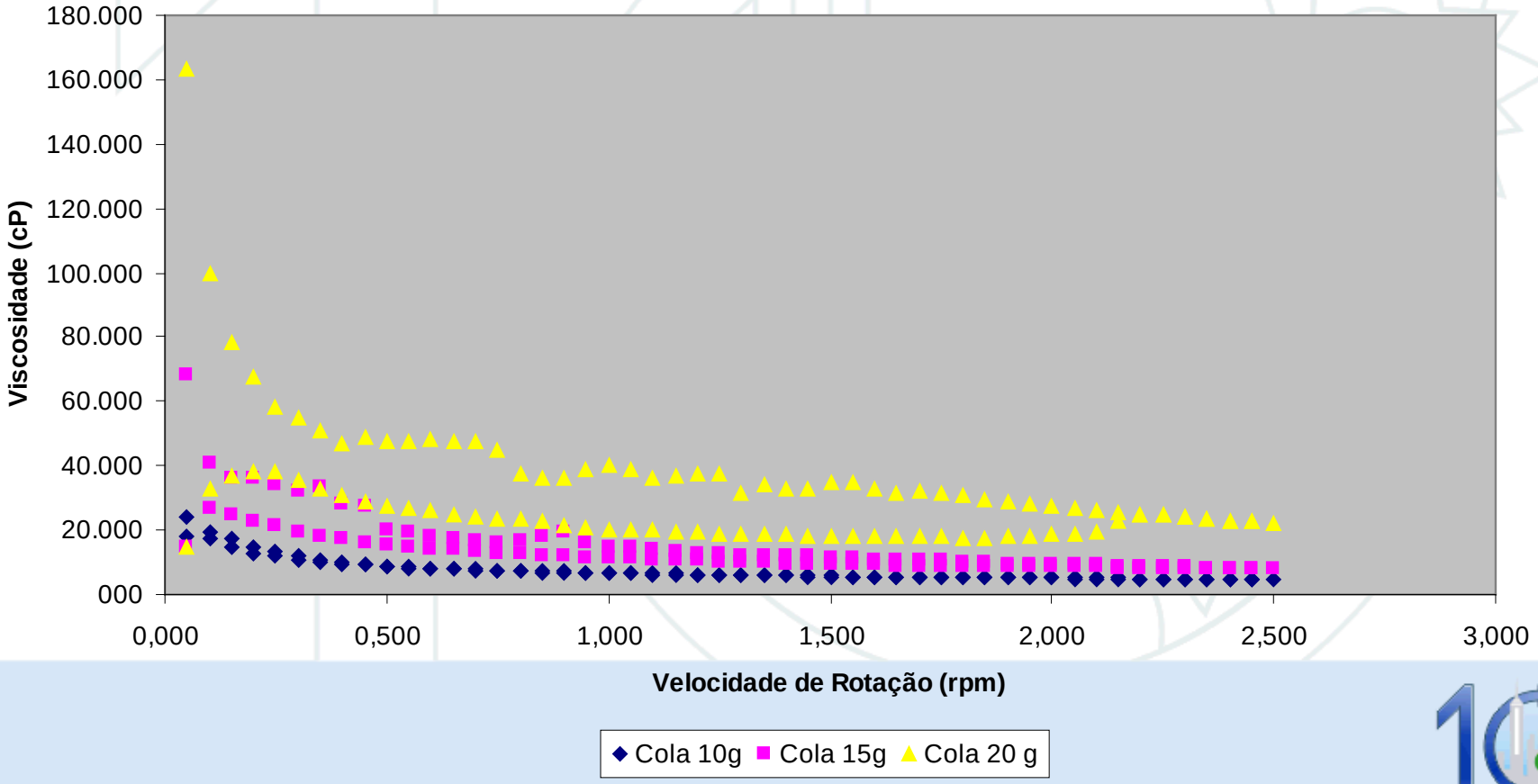
Valores de n e m dos adesivos de 10, 15 e 20 g/100 mL.

Coeficiente	Concentração de amido nos adesivos (g/100 mL)		
	10	15	20
n	0,5419	0,6006	0,6722
m (Pas)	6,3416	11,4551	20,7157

Curva do adesivo de 20 g/100 mL de amido.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO VISCOSIMÉTRICA DO ADESIVO



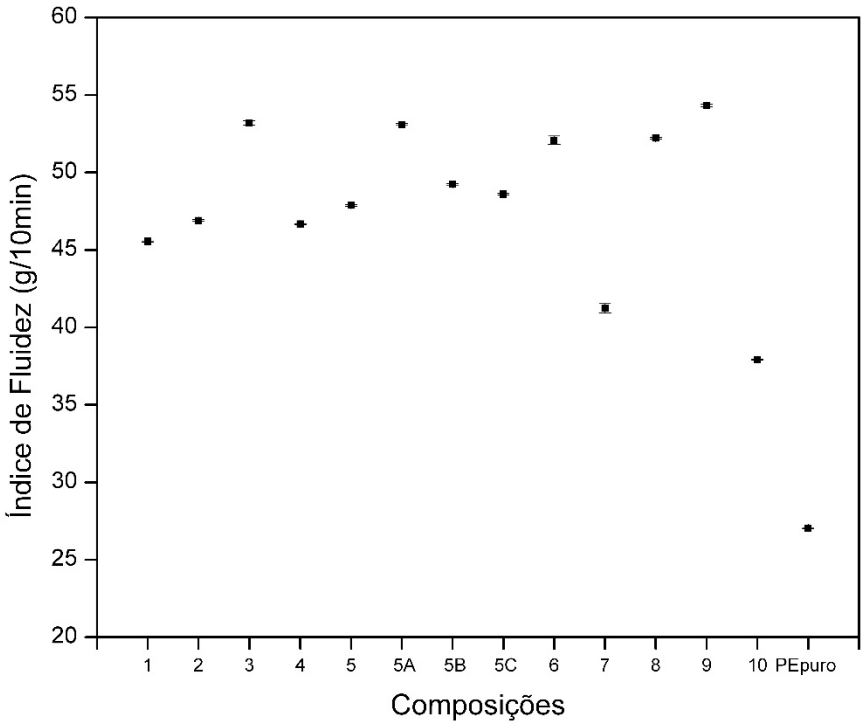
RESULTADOS E DISCUSSÃO
TEMPO DE GELEIFICAÇÃO DOS ADESIVOS

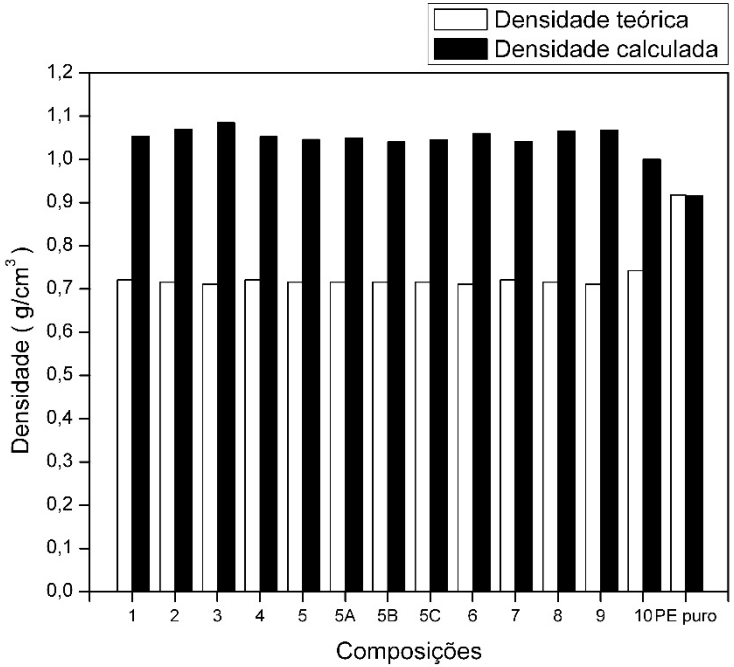
Amostra	*Amido (g/100 mL)*	*NaOH (% em massa de amido)*	*Tempo de geleificação (dias)*
1	10	10	imediato
2	10	15	imediato
3	10	20	2
4	10	25	5,5
5	10	30	7,5
6	15	10	imediato
7	15	20	2
8	15	25	2
9	15	30	10
10	15	35	14
11	15	40	19
12	20	20	3
13	20	25	8

RESULTADOS E DISCUSSÃO
TEMPO DE GELEIFICAÇÃO DOS ADESIVOS

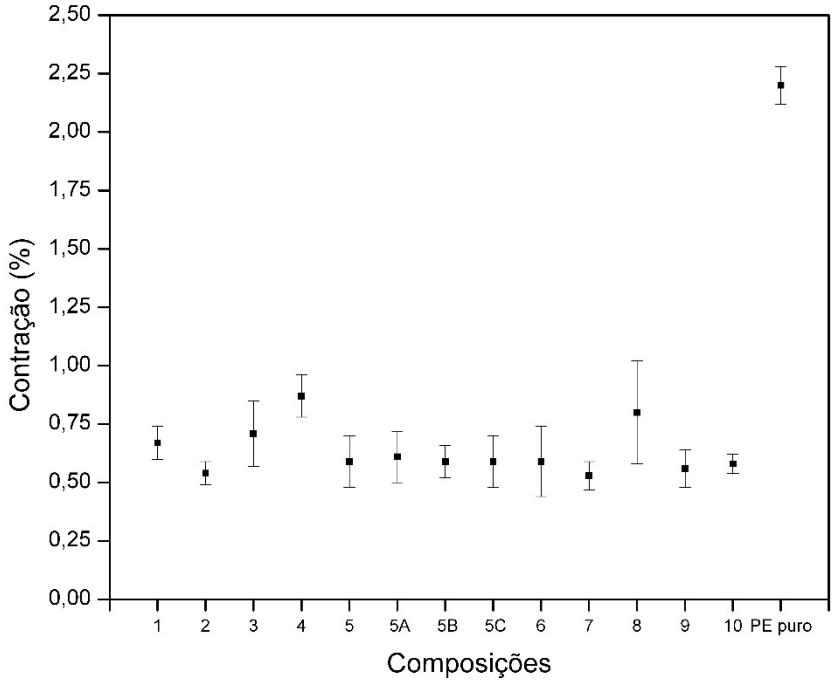
Amostra	*Amido (g/100 mL)*	*NaOH (% em massa de amido)*	*Tempo de geleificação (dias)*
14	20	30	14
15	20	35	21
16	20	40	31
17	25	20	1,5
18	25	25	12
19	25	30	19
20	25	35	21
21	25	40	21
22	25	50	Sem geleificação no tempo analisado
23	30	45	Sem geleificação no tempo analisado

RESULTADOS E DISCUSSÃO

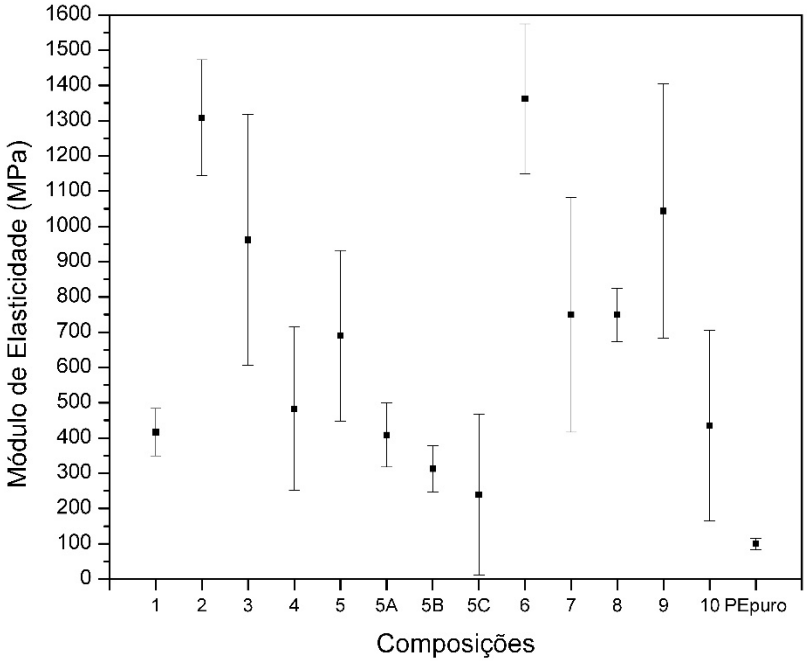


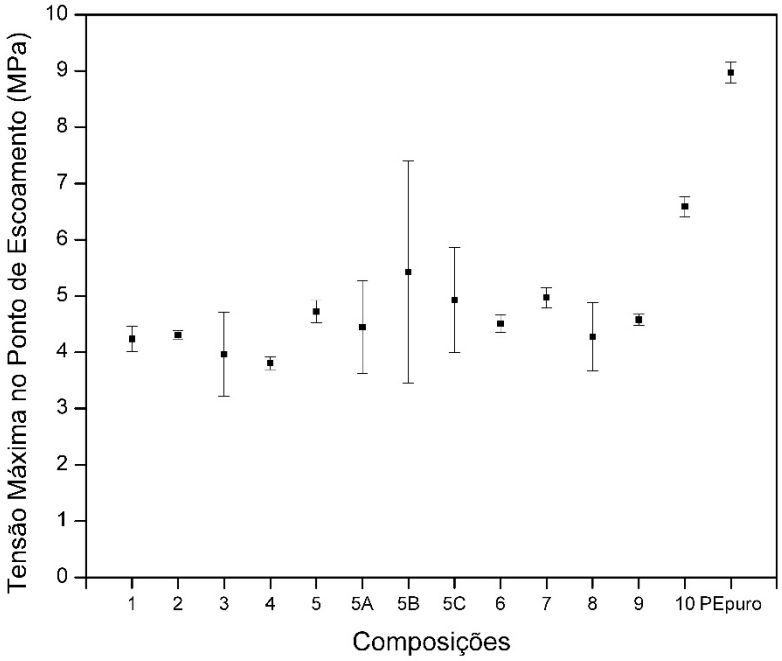


RESULTADOS E DISCUSSÃO

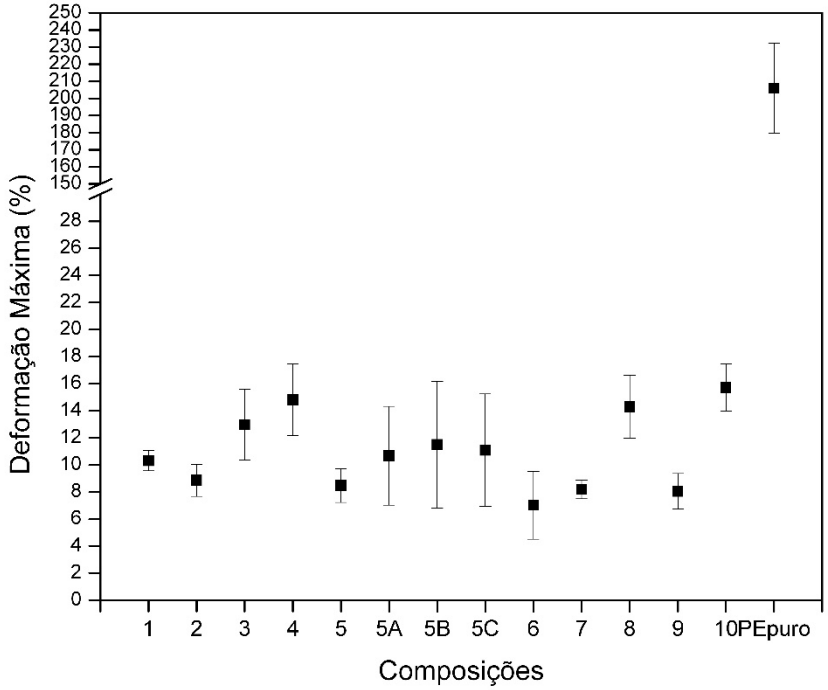


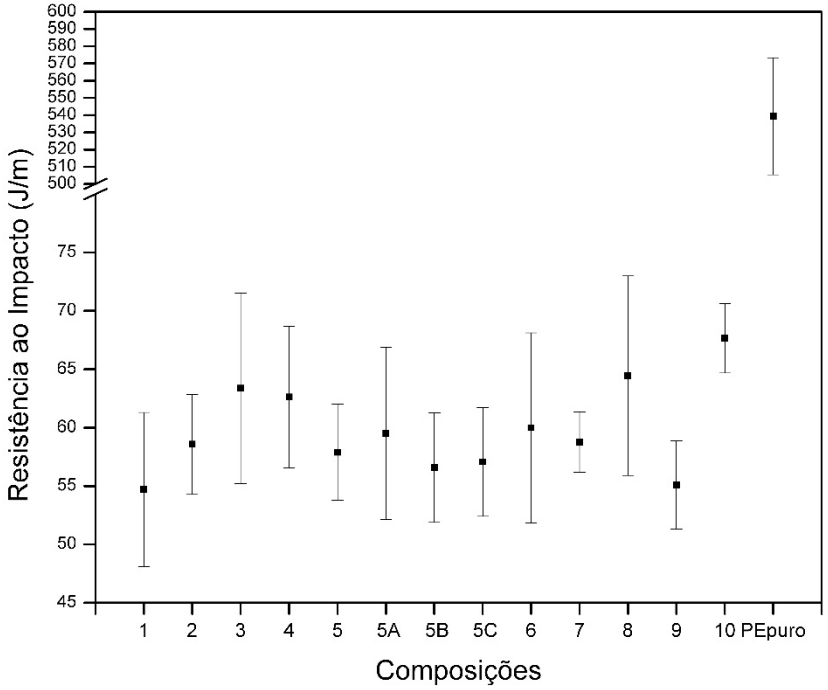
RESULTADOS E DISCUSSÃO



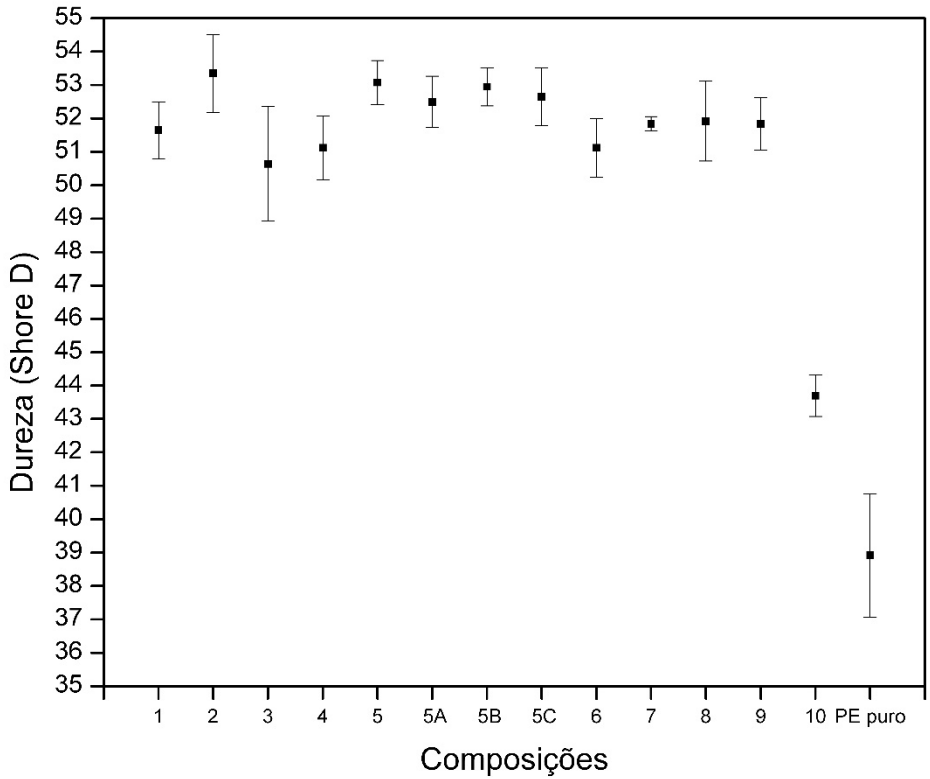


RESULTADOS E DISCUSSÃO





RESULTADOS E DISCUSSÃO



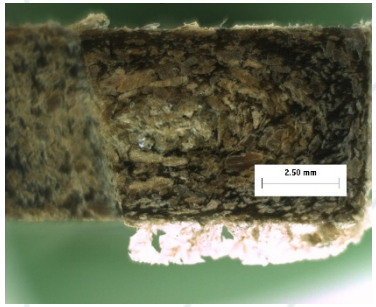
RESULTADOS E DISCUSSÃO
MEDIDAS DE VARIAÇÃO DE COR

Composição	Variação da cor (ΔE)
1	17,29
2	22,67
3	18,25
4	19,13
5	23,59
5A	20,79
5B	22,19
5C	22,19
6	24,23
7	29,45
8	27,23
9	18,71
10	36,73

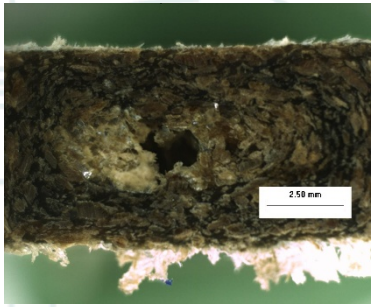
RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA – (MO)

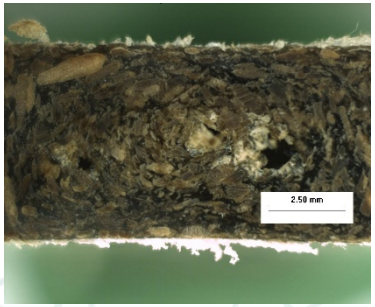
COMPOSIÇÃO 1



(a)

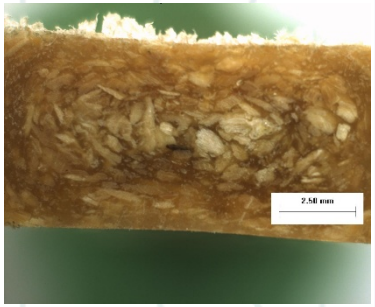


(b)

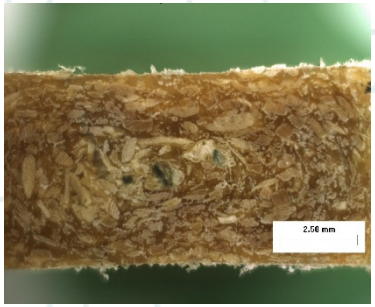


(c)

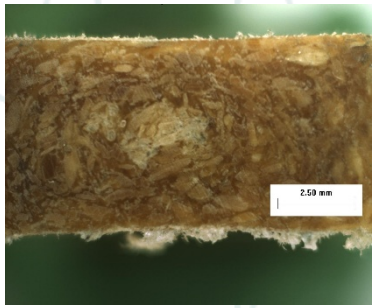
COMPOSIÇÃO 10



(a)

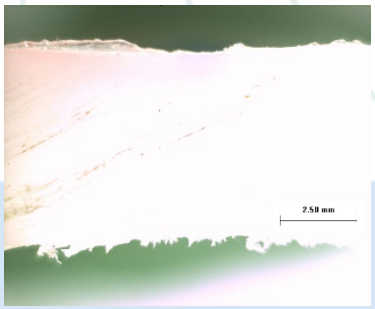


(b)

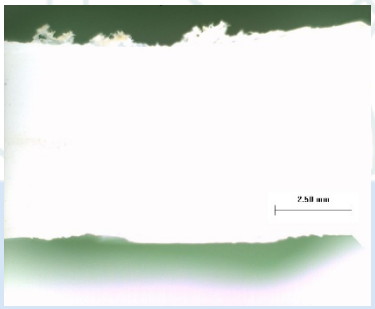


(c)

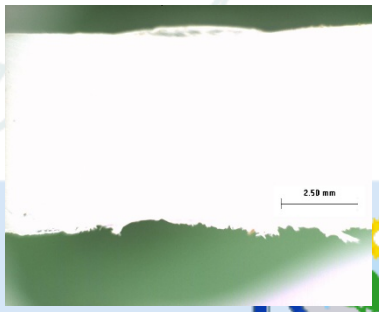
PEBD PURO



(a)



(b)

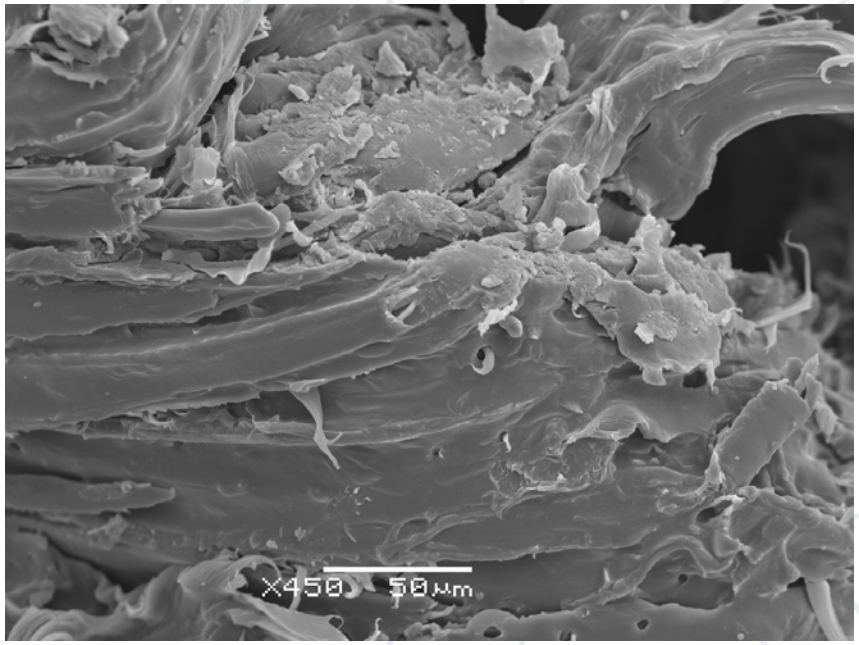


(c)

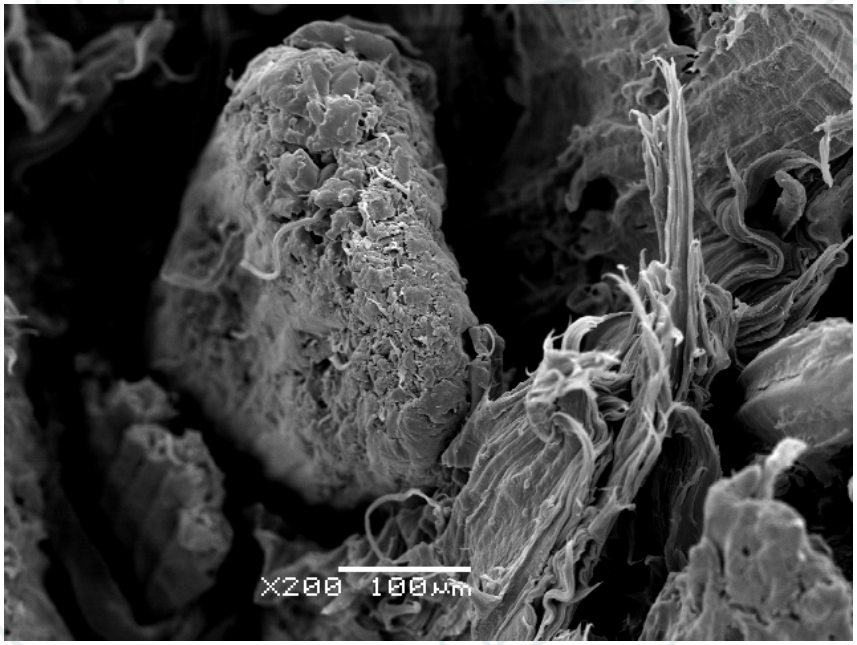
RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA – (MEV)

FALTA DE ADESÃO



Composição 1 (10 % em massa de amido, 30 % em massa de farinha de madeira, 60 % em massa de PEBD e adesivo na concentração de 10/100 mL de NaOH).

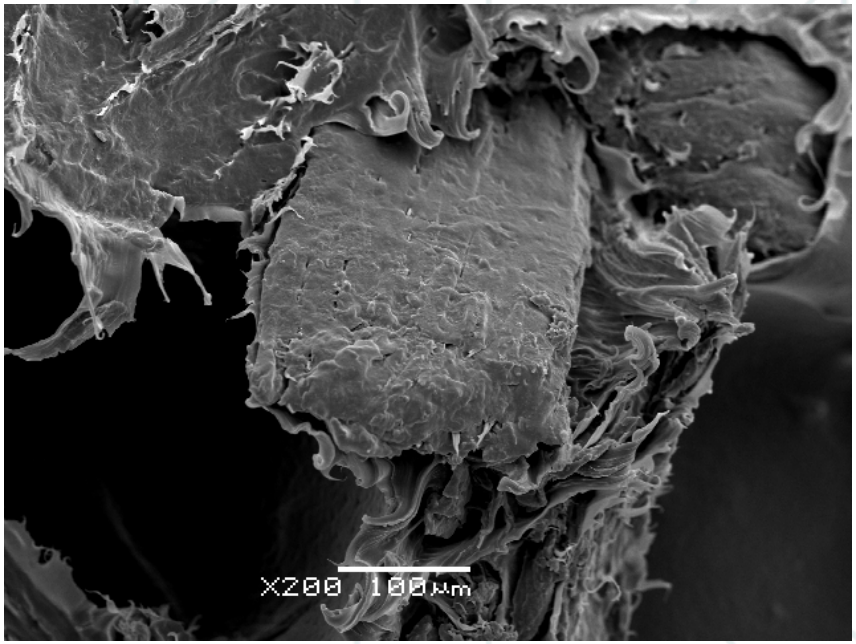


Composição 4 (10 % em massa de amido, 30 % em massa de farinha de madeira, 60 % em massa de PEBD e adesivo na concentração de 15/100 mL de NaOH).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

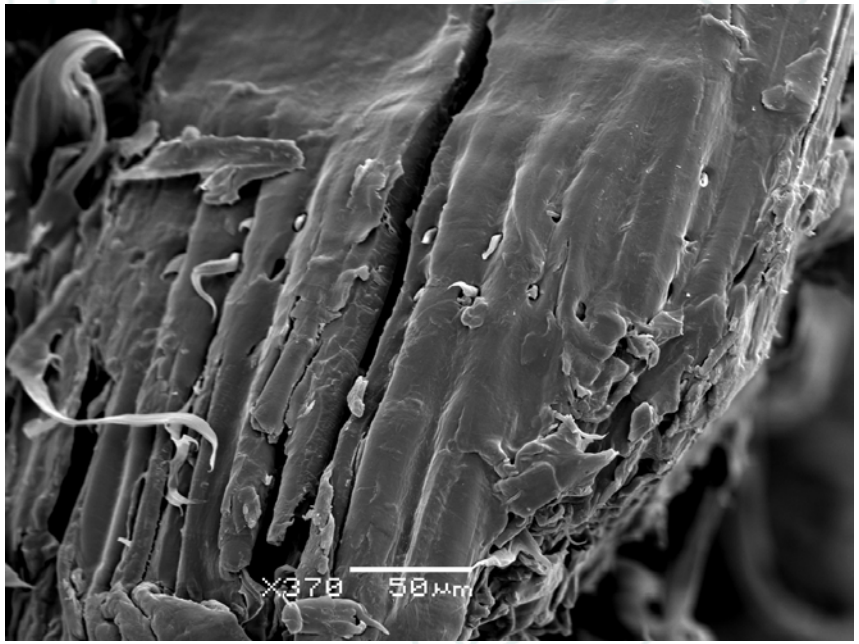
CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA – (MEV)

DESFIBRILAMENTO



Composição 7 (10 % em massa de amido, 30 % em massa de farinha de madeira, 60 % em massa de PEBD e adesivo na concentração de 20/100 mL de NaOH.

FIBRAS DESFIBRILADAS E POROS

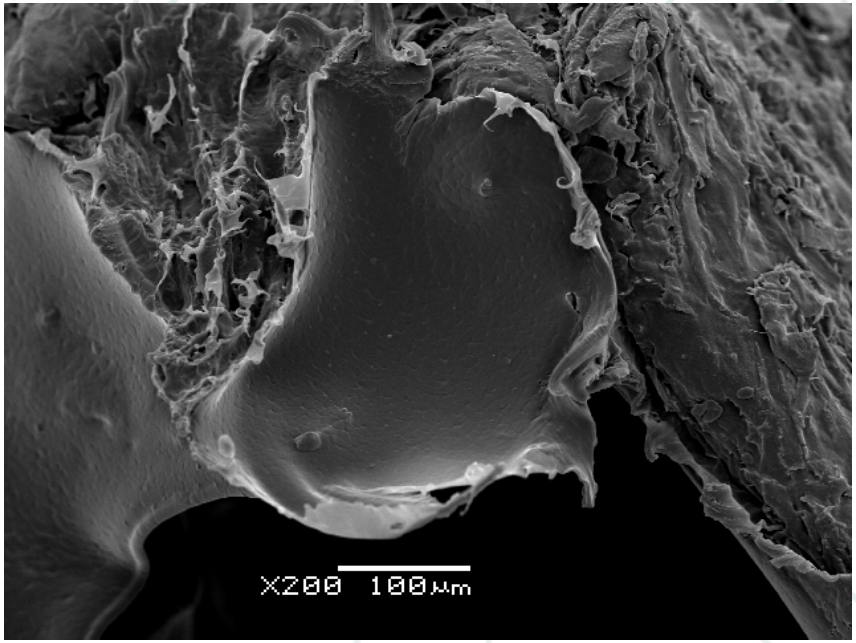


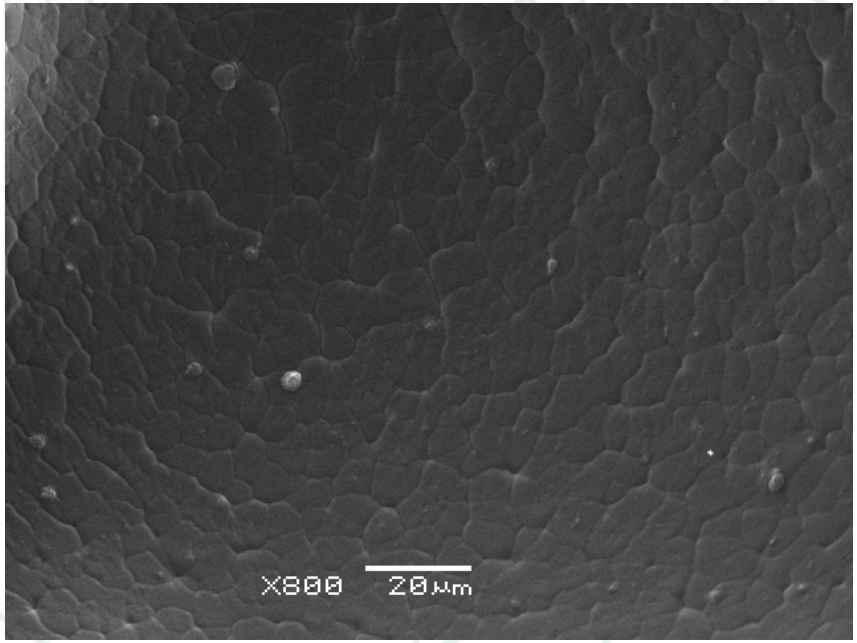
Composição 3 (15 % em massa de amido, 30 % em massa de farinha de madeira, 55 % em massa de PEBD e adesivo na concentração de 10/100 mL de NaOH).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA – (MEV)

FORMAÇÃO DE GÉIS





Composição 7 (10 % em massa de amido, 30 % em massa de farinha de madeira, 60 % em massa de PEBD e adesivo na concentração de 20/100 mL de NaOH.

Planejamento fatorial completo de 3 níveis e 2 fatores

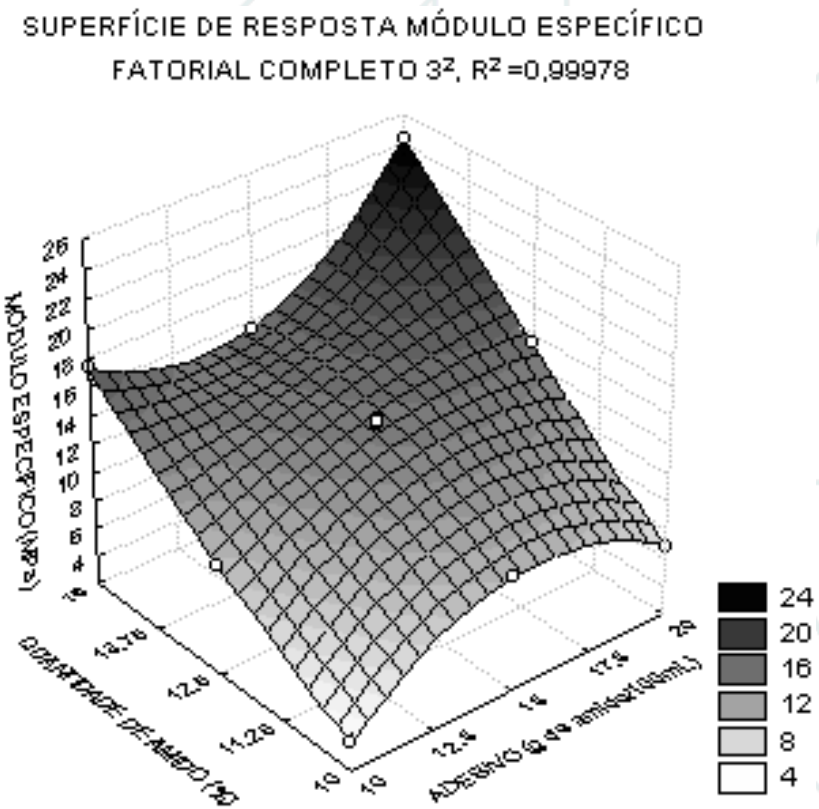


Figura 1 - Superfície de resposta do módulo elástico específico

Figura 2 - Superfície de resposta da resistência à compressão específica

Planejamento fatorial completo de 3 níveis e 2 fatores

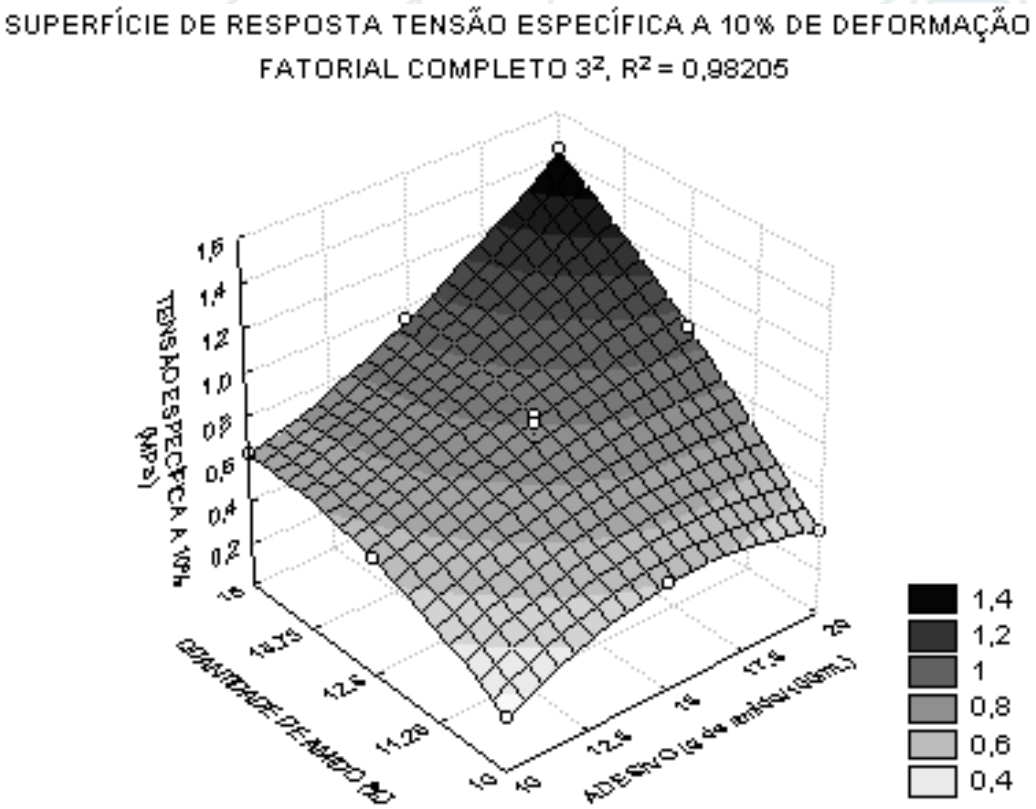


Figura 3 - Superfície de resposta da tensão específica a 10% de deformação.

Conclusões

- Foi possível obter grânulos para injeção direta de compósitos plástico-madeira com 30% de particulado a frio com ajuda de adesivo a base de amido.
- Constatou-se que a resistência do compósito é tanto maior quanto a concentração do amido no adesivo e quanto maior a quantidade de adesivo.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- OS ADESIVOS APRESENTARAM COMPORTAMENTO REOLÓGICO PSEUDOPLÁSTICO;
- EXISTÊNCIA DE HOMOGENEIDADE NA DISTRIBUIÇÃO DA FARINHA DE MADEIRA;
- FALTA DE INTERAÇÃO INTERFACIAL, ALÉM DA FORMAÇÃO DE AGLOMERADOS DE AMIDO;
- O MATERIAL COMPÓSITO APRESENTOU MELHORA NAS PROPRIEDADES:
  - DUREZA;
  - MÓDULO DE ELASTICIDADE;
  - ESTABILIDADE DIMENSIONAL.
- AUMENTO DOS VALORES MÉDIOS DE ÍNDICE DE FLUIDEZ
- ESTUDO DA BIODEGRADABILIDADE DOS MATERIAIS COMPÓSITOS E DOS MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO DOS COMPÓSITOS DESENVOLVIDOS.
- MUDANÇAS NO PROCESSO DE CONFORMAÇÃO DOS GRÂNULOS, ATRAVÉS DE ALTERAÇÕES NO EQUIPAMENTO.
- PREPARAÇÃO DO ADESIVO COM MENOR QUANTIDADE DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO.

AGRADECIMENTOS

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS CURITIBA

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SENAI

TRM
Resinas Termoplásticas

CornProducts
BRASIL

UNIVERSIDADE
FEDERAL DE VIÇOSA

LACTEC

SOCIESC
Educação e Tecnologia

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico

PINHOPÓ
Farinha de Madeira
Wood flour

10 Years
2007 - 2017