

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas

Matheus Naves Moraes

**DESENVOLVIMENTO DE PENEIRA DE ALTA FREQUÊNCIA EM ESCALA DE
LABORATÓRIO E VALIDAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS**

Belo Horizonte

2022

Matheus Naves Moraes

**DESENVOLVIMENTO DE PENEIRA DE ALTA FREQUÊNCIA EM ESCALA DE
LABORATÓRIO E VALIDAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS**

Versão final

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas.

Orientador: Prof. Roberto Galéry

Coorientador: Prof. Douglas Batista Mazzinghy

Belo Horizonte

2022

M827d	<p>Moraes, Matheus Naves. Desenvolvimento de peneira de alta frequência em escala de laboratório e validação de modelos matemáticos / Matheus Naves Moraes . - 2022. 1 recurso online (154 f. : il., color.) : pdf.</p> <p>Orientador: Roberto Galéry. Coorientador: Douglas Batista Mazzinghy.</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.</p> <p>Anexos: f. 72-154.</p> <p>Inclui bibliografia. Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.</p> <p>1. Engenharia de minas - Teses. 2. Tecnologia mineral - Teses. 3. Peneiramento (Mineração) - Teses. I. Galéry, Roberto. II. Mazzinghy, Douglas Batista. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.</p>
-------	--

CDU: 622 (043)

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Roseli Alves de Oliveira CRB/6 2121
Biblioteca Prof. Mário Werneck, Escola de Engenharia da UFMG



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Metalúrgica, Materiais e de Minas

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO / TESE

Tese intitulada "Desenvolvimento de Peneira de Alta Frequência em Escala de Laboratório e Validação de Modelos Matemáticos", área de concentração: Tecnologia Mineral, apresentada pelo candidato **Matheus Naves Moraes**, para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas, aprovada pela comissão examinadora constituída pelos seguintes membros:

Belo Horizonte, 25 de abril de 2022.

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Augusto Martins Figueiredo**, Usuário Externo, em 25/04/2022, às 11:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paschoal Bonadia Neto**, Usuário Externo, em 25/04/2022, às 12:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Douglas Batista Mazzinghy**, Professor do Magistério Superior, em 28/04/2022, às 15:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Claudio Monteiro Montenegro**, Membro de comissão, em 29/04/2022, às 17:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cláudio Luiz Schneider**, Usuário Externo, em 03/05/2022, às 16:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Roberto Galery**, Chefe de departamento, em 20/06/2022, às 11:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Henrique Martins Nunes**, Coordenador(a) de curso de pós-graduação, em 21/06/2022, às 12:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1403909** e o código CRC **D9285B92**.

À Ana Rachel, pelo amor, companheirismo, paciência e alegria. A minha família, pelo afeto, dedicação e apoio, que são a força motriz para superar mais esse desafio.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram na preparação deste trabalho e, em particular:

Ao professores Roberto Galéry e Douglas Mazzinghy, pela orientação, ensinamentos e amizade na condução do trabalho.

A Paschoal Bonadia, pelo exemplo, apoio e amizade, além das contribuições técnicas.

A equipe do centro de pesquisas da RHI Magnesita, pelo suporte na parte experimental do trabalho, em especial a Nivaldo Cesar, Gleiber Assis, Marcos Machado, Claudio Coelho e Luiz Antonio. Agradecimento também a equipe de Brumado, pelo auxílio no levantamento de informações e coleta de amostras.

Agradecimento também a Gustavo Nogueira e Leonardo Carneiro da RHI Magnesita, pelo auxílio na coleta e interpretação dos resultados apresentados neste estudo.

RESUMO

O peneiramento de alta frequência para partículas finas é um processo que, apesar de ter sido desenvolvido há algumas décadas, apenas recentemente teve inovações que possibilitaram sua adoção em circuitos industriais de processamento mineral. Na última década as peneiras de alta frequência passaram a ser adotadas em circuitos de moagem, substituindo ou complementando a classificação em hidrociclones. Entretanto, os testes realizados para sua implantação partiram direto de peneiras industriais, em escala real. Apesar de tal metodologia significar uma maior exatidão na aferição dos benefícios, o volume de amostras e instalação para realização do teste, leva a uma complexidade que limita sua avaliação para novos projetos, especialmente em *greenfields*. Este estudo aborda o desenvolvimento de uma peneira de alta frequência de laboratório para ensaios contínuos, além de abordar o modelamento e limitações quanto a simulação. Para embasar o modelamento, uma revisão ampla dos modelos de peneiramento aplicáveis a peneira de alta frequência também é apresentado, já que este é um ponto pouco explorado na literatura. Além dos testes com sucesso na peneira de laboratório desenvolvida, foi possível determinar que o modelo de Mwale é o mais adequado para este tipo de processo, com um bom balanço de exatidão de modelamento e capacidade de simulação. Batterham et al. tem uma boa exatidão de modelamento, mas com soluções muito específicas, não sendo adequado para simulação. Por fim, Hatch&Mular e Rogers apresentam boa capacidade de modelamento, com simplicidade de determinação de parâmetros, mas com limitações para ser utilizados em simulação.

Palavras-Chave: Modelamento de processo, Peneiramento fino, Peneira de laboratório, *Scale-up*, Amostra reduzida.

ABSTRACT

The high frequency screening for fine classification is a process available for a few decades, but only with recent innovative upgrades allowed its adoption for mineral processing application. Throughout the last decade, high frequency screens started to be applied to grinding circuits, replacing or supplementing hydrocyclone's classification with productivity benefits published in several studies. However, the trials carried out to validate its adoption were performed directly in a real scale industrial device. On one hand, a real scale trial leads to a higher accuracy for modeling and simulation. On the other hand, samples of a couple of tons are necessary and a robust installation is demanded to run the trials, which limits the screen assessment for new projects, especially greenfield ones. Therefore, this study describes the development of a laboratory scale high frequency screen for continuous trials, assessing selected screen models and their implications for simulation. In addition to the successful trials at the developed laboratory screen, it was observed that Mwale's model is the most suitable for this process, since it has a good balance between accurate modeling and simulation capacity. Batterham et al has good accuracy for modeling, but unique solution, being unfeasible for simulation. Hatch&Mular and Rogers have good accuracy for modeling and are simple to be applied, however still with limitations for simulation.

Keywords: Process modelling, Wet-fine screening, Laboratory screen, Scale-up, Small sample size.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Peneira de alta frequência para processamento de magnesita.	21
Figura 2.2 – Aderência do modelo de Hatch & Mular [24] aos dados experimentais.	34
.....	36
Figura 2.3 – Aderência do modelo de Rogers [25] aos dados experimentais.	36
Figura 2.4 – Aderência do modelo de Batterham et al. [1] aos dados experimentais.	37
Figura 3.1 – Suporte e instalação de tela para peneira de laboratório.	51
Figura 3.2 – Instalação da peneira de alta frequência de laboratório.	52
Figura 3.3 – Circuitos alternativos para testes de peneiramento.	53
Figura 3.4 - Aderência do modelo de Mwale [8] aos resultados da peneira de laboratório...	55
Figura 3.5 - Aderência do modelo de Hatch & Mular [9] aos resultados da peneira de laboratório.....	55
Figura 3.6 – Variação do parâmetro K de Mwale [8] de acordo com a condição de processo em triplicata.	57
Figura 3.7 – Variação do parâmetro α' de Mwale [8] de acordo com a condição de processo em triplicata.	57
Figura 3.8 – Variação do parâmetro α de Hatch & Mular [9] de acordo com a condição de processo em triplicata.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Estimativa de parâmetros para os modelos avaliados em cada teste.....	35
Tabela 2.2 – Comparação quantitativa para exatidão e precisão dos modelos.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS

A_o = Área aberta da peneira.

d = Diâmetro do fio da tela.

d_i = Classe de tamanho.

$E(x)$ = Fração das partículas da classe de tamanho x reportando para o oversize.

E_i = Fração das partículas da classe de tamanho i reportando para o oversize.

E_{io} = Fração das partículas da classe de tamanho d_i reportando para o oversize.

F = Taxa mássica de alimentação.

f = Fator de enchimento da peneira.

f_i = Fração de partículas retidas na classe de tamanho i na alimentação.

F_w = Taxa de alimentação por unidade de largura da peneira.

k = Parâmetro do modelo de Batterham.

K = Constante cinética do modelo de Mwale.

k' = Parâmetro do modelo de Batterham.

k_1 = Parâmetro do modelo de Whiten.

k_2 = Parâmetro do modelo de Whiten.

k_{50} = Constante de tamanho médio para condição de tela saturada.

k_i = Parâmetro do modelo de Ferrara & Preti (condição de tela saturada).

$k_{p,x}$ = Parâmetro do modelo de Subasinghe (relacionado a abertura e enchimento da peneira).

$k_{s,x}$ = Parâmetro do modelo de Subasinghe.

L = Comprimento da peneira.

n = Número de eventos de classificação que a particular de classe de tamanho x é submetido.

n_L = Número de eventos de classificação por unidade de comprimento da peneira.

O = Taxa mássica no fluxo retido na tela (*oversize*).

o_i = Fração de partículas da classe de tamanho i no *oversize*.

$p(x)$ = Probabilidade de partículas da classe de tamanho x reportar para o *oversize* em um único evento de classificação.

$p'(x)$ = Probabilidade de partículas da classe de tamanho x reportar para o *oversize* após n eventos.

s = Concentração de sólidos em peso.

s_{50} = Constante de tamanho médio para condição de estado disperso.

s_i = Parâmetro do modelo de Ferrara & Preti (condição de estado disperso).

U = Taxa mássica no fluxo passante na tela (*undersize*).

u_i = Fração de partículas da classe de tamanho i no *undersize*.

v = Taxa de alimentação volumétrica.

w = Largura da tela.

x = Diâmetro da partícula.

x_{50} = Classe de tamanho no qual metade das partículas reportam para *oversize*.

x_a = Abertura da peneira.

x_{ae} = Abertura efetiva da peneira.

x_i, x_{i+1} = Classes de tamanho.

x_w = Espessura do fio da tela.

α = Parâmetro do modelo relacionado a nitidez de separação e *by-pass* (Hatch & Mular, Rogers).

α' = Parâmetro do modelo de Mwale relacionado a nitidez de separação.

δ = Parâmetro do modelo de Mwale relacionado ao *by-pass* e efeito gancho.

σ = Parâmetro empírico para a taxa de passagem de partículas com diâmetro próximo a abertura da tela.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Estrutura da Tese.....	15
1.2 Objetivos	16
2. REVISÃO DE MODELOS DE PROCESSO PARA CLASSIFICAÇÃO FINA COM PENEIRAS DE ALTA FREQUÊNCIA.....	18
2.1 Introdução	18
2.2 Metodologia.....	19
2.3 Peneiras de Alta Frequência	21
2.4 Processo de Peneiramento	23
2.5 Curva de Partição.....	24
2.6 Modelos de Peneiramento.....	25
2.6.1 Modelo de Gaudin.....	26
2.6.2 Modelo de Miwa.....	26
2.6.3 Modelo de Whiten	28
2.6.4 Modelo de Hatch & Mular.....	29
2.6.5 Modelo de Rogers.....	29
2.6.6 Modelo de Batterham et al.	30
2.6.7 Modelo de Ferrara & Preti.....	31
2.6.8 Modelo de Subasinghe	32
2.6.9 Modelo de Mwale.....	33
2.7 Resultados e discussão.....	34
2.8 Conclusões e Recomendações	41

2.9 Referências	43
3. ENSAIOS EM UMA PENEIRA DE ALTA FREQUÊNCIA DE LABORATÓRIO PARA TESTES CONTÍNUOS COM AMOSTRAS REDUZIDAS	47
3.1 Introdução	47
3.2 Metodologia.....	48
3.3 Peneira de Alta Frequência de Laboratório	50
3.4 Alternativas de Circuitos para Testes Contínuos	52
3.5 Testes na Peneira de Alta Frequência de Laboratório	53
3.5.1 Modelamento da Curva de Partição	54
3.5.2 Sensibilidade dos parâmetros dos modelos as variáveis operacionais	56
3.6 Conclusões e Recomendações	60
3.7 Referências	61
4. CONCLUSÕES GERAIS	64
4.1 Referências	66
5. CONTRIBUIÇÕES ORIGINAIS PARA O CONHECIMENTO	68
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	69

1. INTRODUÇÃO

A utilização de peneiras de alta frequência para classificação fina vem se tornando mais comum, tanto na substituição de hidrociclones para circuitos de moagem, como também para separação de concentrados. Entretanto, a avaliação de seus benefícios antes do investimento em uma planta industrial ainda enfrenta limitações.

O primeiro desafio é a realização de testes, ainda limitados a equipamentos em escala real, o que demanda grandes volumes de amostras, nem sempre disponíveis. O segundo é a escolha e incorporação de modelos para integração com os demais processos, simulando os potenciais benefícios.

Portanto, esta tese apresenta o desenvolvimento de uma peneira de laboratório para testes com amostras reduzidas, além de explorar os principais modelos de peneiramento e apresentar vantagens e limitações para adoção em peneiramento fino a úmido.

1.1 Estrutura da Tese

A tese está estruturada em cinco capítulos para facilitar a compreensão e pesquisa dentro do texto apresentado, sendo esta introdução o primeiro.

No segundo capítulo, há uma revisão de modelos de peneiramento e sua aplicabilidade a peneiras de alta frequência, assim como é apresentada uma revisão sobre este tipo de equipamento. Para os modelos considerados aplicáveis, um

extenso conjunto de dados de testes extraído da literatura é utilizado. Nesta análise é visado comparar a precisão e exatidão destes modelos para descrição dos dados experimentais.

Já no terceiro capítulo, é apresentado o desenvolvimento da peneira de alta frequência de laboratório assim como os resultados e análise dos testes realizados. Para interpretação dos dados, dois modelos do primeiro capítulo foram selecionados. Neste capítulo, não só a precisão e exatidão dos modelos para descrever os resultados dos testes foi avaliado, como também foi feita uma análise de sensibilidade dos parâmetros dos modelos a diferentes condições de processo testadas, forma escolhida para comparação de aplicabilidade dos modelos para simulação.

Para consolidação, o capítulo 4 apresenta as principais conclusões encontradas no estudo, e o capítulo 5 apresenta as contribuições originais ao conhecimento. Já o capítulo 6 discorre sobre sugestões para trabalhos futuros, visando aprimoramento do desenvolvimento da peneira de laboratório, além de estudos adicionais para desenvolvimento de procedimentos de escalonamento e novos modelos.

1.2 Objetivos

Os objetivos desta tese cobrem alguns desafios encontrados no modelamento e simulação de peneiras de alta frequência para separação fina a úmido.

- a) Apresentar os principais modelos de peneiramento e detalhar os aplicáveis a peneiramento fino, tanto para escala laboratorial quanto para processos industriais.

- b) Realizar uma análise quantitativa de qualidade de modelos escolhidos para descrever dados experimentais, utilizando banco de dados presente em literatura.
- c) Desenvolver uma peneira de laboratório para ensaios contínuos com amostras reduzidas, mantendo as principais características do equipamento industrial.
- d) Gerar um banco de dados de testes na peneira desenvolvida para avaliação de modelos selecionados.
- e) Utilizar o banco de dados gerados nos testes para comparação quantitativa de precisão e exatidão de modelos selecionados para descrição de dados experimentais, e avaliação qualitativa de qualidade de simulação esperada com os modelos.

2. REVISÃO DE MODELOS DE PROCESSO PARA CLASSIFICAÇÃO FINA COM PENEIRAS DE ALTA FREQUÊNCIA

2.1 Introdução

Peneiras vibratórias se representam como um dos mais importantes e versáteis equipamentos para o processamento mineral. Elas são responsáveis pela classificação por tamanho em operações diversas, desde plantas de britagem até a classificação de produtos [3]. A tecnologia de peneiramento foi desenvolvida para classificar tanto partículas grossas como partículas finas, com aberturas tão pequenas quanto 45 μ m, com limitação de taxa de peneiramento de acordo com a abertura. Entretanto, os modelos de peneiras não se desenvolveram no mesmo ritmo.

Novos modelos de peneiras de alta frequência vem sendo descritos em aplicações em que se substitui hidrociclones para melhorar a eficiência de circuitos de moagem [4]. Como descrito por Dundar [5], uma melhor eficiência de classificação é possível com peneiras de alta frequência, de forma a auxiliar na redução da carga circulante e levar a uma distribuição de tamanhos mais homogênea retornando ao moinho. Por consequência, menor volume de polpa deve ser bombeado (redução do consumo energético do circuito) e maior é a produtividade (maior capacidade combinado a menor consumo energético específico).

Este capítulo avalia desde os primeiros modelos de peneiramento desenvolvidos para peneiramento a seco, que foram posteriormente adaptados ao peneiramento a úmido mais ainda com corte grosso, até os modelos mais recentes para peneiramento fino a úmido, adaptados para peneiras de alta frequência. Essa avaliação é necessária para

entender as diferenças dos modelos, os parâmetros de processo necessários para sua aplicação. Apesar de alguns destes modelos já estarem presentes em softwares de simulação de processos, não há na literatura uma análise descritiva para comparação entre estes modelos, especialmente incluindo os desenvolvimentos mais recentes. Assim, esse capítulo tem como objetivo auxiliar a compreensão e seleção de modelos de peneiramento, no caso especial de classificação em peneiras de alta frequência.

Desta forma, essa revisão é singular na literatura por trazer em um único trabalho um resumo dos modelos mais relevantes para classificação fina a úmido, uma análise de sua aplicabilidade a peneiras de alta frequência, além de uma análise comparativa numérica sobre exatidão e precisão para um conjunto de dados robusto de testes realizados em uma peneira industrial.

2.2 Metodologia

Primeiramente, uma análise dos principais parâmetros que influenciam na eficiência de peneiramento é realizada, sendo utilizada também com base para a descrição dos modelos. Então, modelos selecionados são detalhados e, quando aplicáveis, utilizados para descrever uma base de dados gerada em testes de peneira de alta frequência. O objetivo da análise do banco de dados é identificar vantagens e desvantagens observadas por cada modelo.

A base de dados selecionada para esta primeira parte da tese foi a reportada por Mabote [6], sendo gerada através de testes realizados com uma peneira de alta frequência industrial do tipo Derrick™ Stack Sizer™. A base de dados é composta por campanhas de amostragem (alimentação, *undersize* e *oversize*) realizadas em 45

testes de peneiramento de um minério de cromita. Nesses testes foram variadas a abertura da tela (45, 75, 106 e 150 μ m), concentração de sólidos (30, 40, 50 e 60% em massa) e taxa de alimentação (9, 13, 16, 19, 25, 30 e 35 t/h). Em alguns ensaios foi observado o efeito de gancho no by-pass, influenciando o modelamento dos resultados, como é discutido nos tópicos seguintes.

Entretanto, antes do modelamento o balanço de massas foi realizado utilizando o software BILCO™ fornecido pela Caspeo™. Por sua vez, os modelos foram programados utilizando o Microsoft Excel™ e o complemento Solver através de uma função objetivo (soma dos quadrados das diferenças entre os dados experimentais e modelados), a qual foi minimizada para otimização dos parâmetros, sendo o método numérico do gradiente reduzido generalizado utilizado na minimização. Por fim, para uma análise comparativa de exatidão e precisão dos modelos, os resultados do modelamento da curva de partição foram plotados contra os resultados experimentais, sendo os resultados quantificados através do erro quadrático médio (EQM), sua variância e o viés de estimativa [7,8].

Alguns modelos expostos não foram utilizados para descrição da base de dados, uma vez que os requerimentos de levantamento de dados não são compatíveis com a peneira industrial utilizada para gerar os dados amostrais.

Antes de examinar a teoria dos modelos de peneiramento, a influência de variáveis de processo e seu impacto na eficiência de classificação são descritas.

2.3 Peneiras de Alta Frequência

As peneiras de alta frequência não são equipamentos novos, sendo adotados na indústria de mineração e petróleo há algumas décadas. Entretanto, desenvolvimentos recentes permitiram que estes dispositivos tivessem sua capacidade aumentada significativamente, permitindo um uso mais amplo na indústria.

O desenvolvimento teve foco tanto na área aberta de telas com aberturas finas (assim como a prevenção de seu cegamento) e na superposição de decks de peneiramento, multiplicando a área de peneiramento para uma determinada área de planta (apesar de ocupar uma altura maior), como ilustrado na figura 2.1.



Figura 2.1 – Peneira de alta frequência para processamento de magnesita.

Assim, combinando essas novas características aos benefícios da alta frequência de vibração (melhorando a eficiência dos subprocessos do peneiramento descritos no

item 2.4), estes equipamentos passaram a ser adotados em circuitos de moagem com ganhos reportados em diversos trabalhos [4, 5 e 28].

Nos dois primeiros exemplos [4], hidrociclones foram substituídos por peneiras de alta frequência em circuitos de moagem. Com a melhoria na eficiência de classificação, foi observada uma queda de 60 pontos percentuais na carga circulante na mina de Colquijirca e 108 pontos percentuais na mina de Cerro Lindo, na produção de Cu/Zi. Com a redução da carga circulante a planta tem diferentes oportunidade de melhoria de eficiência de processo.

A primeira opção é manter a taxa de produção com uma carga circulante mais baixa, com economia de energia tanto no bombeamento de polpa quanto no próprio moinho, reduzindo também o desgaste destes equipamentos e periféricos. Entretanto, a opção mais usual é utilizar a redução da carga circulante para aumentar a taxa de alimentação do circuito (por consequência, de produção), retornando o volume de carga circulante aos níveis anteriores, mas ainda com um valor relativo a taxa de alimentação menor. Neste caso não há redução de potência e desgaste nos equipamentos, mas os indicadores unitários energéticos e de consumo são mais baixos, além da produção mais elevada. Esse último foi o caminho adotado em Colquijirca aumentando a produtividade em 11% e em 14% no caso de Cerro Lindo.

Dundar [5] em 2020 apresentou outro exemplo para uma operação de Cu/Zi onde a redução da carga circulante foi ainda maior, 320 pontos percentuais, convertidos em 13% de aumento de produtividade.

Em outro caso, apresentado em Moraes [28], uma modificação mais extensa no circuito foi feita, substituindo os hidrociclones por peneiras de alta frequência e separando a moagem em circuitos primários e secundários. Neste caso não é possível

estimar a redução de carga circulante pela alteração do circuito, mas devido a uma melhor distribuição das potências aplicadas nos moinhos em combinação a uma maior eficiência de classificação, o ganho de produtividade foi de 27%. Esse ganho tem origem tanto de uma maior taxa de alimentação quanto de uma maior recuperação mássica do circuito, já que houve redução de perdas na deslamagem por moagem excessiva.

2.4 Processo de Peneiramento

Para um melhor entendimento do processo de peneiramento é importante a descrição dos principais parâmetros que influenciam a curva de partição.

A classificação em uma tela pode ser dividida em três subprocessos principais: o transporte de material ao longo da tela da peneira; a segregação da camada de partículas; e, por fim, a taxa de classificação na tela [9].

O transporte de material representa o tempo de residência de uma determinada partícula ou aglomerado de partículas na superfície da tela. Ele é influenciado principalmente pelo ângulo de inclinação da tela, características de vibração e concentração de sólidos [6].

A segregação da camada de material descreve o ritmo de passagem das partículas finas pela carga da superfície da peneira, até ser exposta a um evento de classificação. Neste caso, o tamanho da partícula, seu formato e densidade, assim como a espessura da camada de material, característica de vibração e concentração de sólidos são os parâmetros mais importantes impactando na segregação [10-12].

Por fim, o objetivo principal do processo é que as partículas cheguem na superfície da tela e sejam submetidas a eventos de classificação com elevada frequência. Neste caso, a taxa de classificação é influenciada pela relação entre a abertura e o tamanho da partícula, fração de área aberta da tela, inclinação (que influencia a abertura efetiva), frequência de vibração e quantidade de partículas com tamanho próximo a abertura da tela [13-15].

A combinação destes três processos irá determinar a curva de partição, sendo que, quanto maior a taxa de exposição de partículas finas a tela da peneira, maior será a eficiência de classificação.

2.5 Curva de Partição

A curva de partição é fundamental para o desenvolvimento de modelos, sendo usualmente utilizada para quantificar o percentual da classe de tamanho i presente na alimentação que é direcionada para o *oversize* [16].

Experimentalmente, a curva de partição é de fácil determinação, sendo necessário colher amostras da alimentação, *oversize* e *undersize*, e analisar sua distribuição granulométrica ou saber a distribuição de massas para cada fluxo da peneira. A Equação 1 apresenta a equação utilizada para descrever a eficiência de classificação [15].

$$E_i = \frac{O}{F} = \frac{f_i - u_i}{o_i - u_i} \quad (1)$$

Entretanto, entender as variáveis operacionais e parâmetros que influenciam os dados experimentais, de forma a gerar, assim, um modelo que pode descrever o processo

com boa exatidão, não é tarefa simples e desafia pesquisadores até a presente data, especialmente para modelos com capacidade de simulação.

2.6 Modelos de Peneiramento

Os modelos desenvolvidos para peneiramento podem ser divididos em diferentes categorias, como modelos de capacidade, probabilísticos, cinéticos, empíricos e numéricos [17].

Modelos de capacidade, como o conhecido modelo de Karra [18], não serão discutidos, pois seu principal objetivo é a definição de tamanho de equipamentos, e não a descrição do processo de classificação. Portanto, tais modelos não são adequados para descrição e simulação do processo de peneiramento fino á úmido.

Outros tipos de modelos que não são descritos são os modelos polinomiais genéricos. Apesar de úteis para casos específicos de peneiramento (como apresentado por Guerreiro, Gedraite e Ataíde [19]), eles não têm abrangência geral e nem influência no desenvolvimento de modelos recentes para peneiras de alta frequência.

Por fim, modelos numéricos e por análise de imagem são excluídos desta análise, devido à dificuldade de aplicação a peneiramento fino a úmido para escala industrial. Porém, estes modelos fazem parte de um campo promissor com novos desenvolvimentos sendo apresentados, atualmente, como descrito por Barbosa et al. [20]. Assim, o foco será nos modelos probabilísticos, cinéticos e empíricos.

2.6.1 Modelo de Gaudin

O modelo de Gaudin [21] foi um dos primeiros a descrever a curva de partição, neste caso, dedicado ao peneiramento a seco de partículas grossas. Esse modelo é baseado na probabilidade de passagem de uma partícula ($p(x)$) dada a relação entre seu tamanho (x) e a abertura (x_a) considerada uma quantidade de eventos de classificação (n), sendo x_w a espessura do fio da tela, descritos nas Equações 2 e 3.

$$p(x) = \left(\frac{x_a - x}{x_a + x_w} \right)^2 \quad (2)$$

$$p'(x) = (1 - p(x))^n \quad (3)$$

Apesar de ser um modelo simples e fácil de ser implementado, ele não incorpora adequadamente os parâmetros de processo. Portanto, ele tem baixa exatidão quando utilizado para a simulação de um circuito de acordo com suas variáveis de processo.

Além disso, é difícil estimar o número de eventos de classificação que ocorrem em um processo de peneiramento contínuo. Para contornar este problema, Miwa [22] modificou o modelo de Gaudin [21] para integrar as dimensões do equipamento de peneiramento.

2.6.2 Modelo de Miwa

Miwa [22] adaptou o modelo de Gaudin [21] nas Equações 4 e 5, substituindo o parâmetro que define a probabilidade de passagem (n) pelo comprimento da peneira, e alterou o parâmetro da quantidade de eventos de classificação por um específico por

unidade de comprimento (n_L), dependente das características de processo, sendo L o comprimento da peneira. Adicionalmente, o modelo é otimizado com a coleta de um banco de dados de testes robusto, especialmente pela determinação do x_{50} e sua relação com a abertura efetiva da tela (x_{ae}) e eventos de classificação.

$$E(x) = \exp\left(-n_L L \frac{(x_a - x)^2}{x_a^2}\right) \quad (4)$$

$$x_{50} = x_{ae} - \left(\frac{0.833(x_{ae})}{\sqrt{L n_L}}\right) \quad (5)$$

Portanto, esse modelo oferece melhorias por incorporar características dimensionais e alterar os parâmetros para incorporar sua correlação com variáveis de processo. Essas modificações levam a uma melhoria na exatidão para descrição dos dados e maior praticidade para simulação.

Todavia, o modelo ainda é dedicado para peneiramento a seco de materiais grossos e requer uma campanha de amostragem muito específica, tornando esse processo inviável de ser adotado para peneiras industriais e confirmar sua aderência.

A metodologia de amostra consiste em coletar alíquotas de *undersize* em intervalos determinados do comprimento da peneira, determinando o x_{50} para cada intervalo e posteriormente plotando o resultado deste parâmetro por $1/\sqrt{L}$ para estimar x_a e n_L . Para peneiramento a úmido, é praticamente impossível coletar o passante por sessão da peneira, menos em escalas diminutas, uma vez que a polpa tende a escorrer pela superfície inferior da tela, misturando fluxos de porções distintas antes do seu desprendimento. Esse efeito só é potencializado em uma peneira industrial, em que o

acesso ao fluxo do *undersize* é limitado e a coleta de amostras representativas é ainda mais desafiador.

2.6.3 Modelo de Whiten

O modelo desenvolvido por Whiten [23] baseia-se menos em campanhas extensivas de amostragem, especialmente não conta com alíquotas por porções da tela como o modelo de Miwa [22]. Além disso, ele também adiciona mais variáveis de processo, dimensões do equipamento e dois parâmetros ligados as características da operação (k_1 e k_2), melhorando sua aderência. Além disso, L é o comprimento da peneira, w a largura, f o fator de enchimento da peneira e v a taxa de alimentação em volume. As Equações 6, 7 e 8 detalham a proposta de Whiten [23]

$$E(x) = \left(\left(1 - \frac{(x_a - x)^2}{(x_a + d)^2} \right) \right)^m \quad (6)$$

$$m = k_1^2 L f \quad (7)$$

$$f = \frac{1}{1 + \left(\frac{k_2 v}{w x_a} \right)^2} \quad (8)$$

Este modelo não só facilitou o procedimento de estimativa de parâmetros pelo método amostral, mas também inclui variáveis de processo e suas influências nos parâmetros do modelo. Entretanto, Whiten [23] também desenvolveu a formulação para peneiramento a seco de partículas grossas, impossibilitando sua adoção para

modelamento de peneiramento fino a úmido, incluindo os bancos de dados apresentados nesta tese.

2.6.4 Modelo de Hatch & Mular

O modelo de Hatch & Mular [24] foi desenvolvido empiricamente através de dados obtidos de planta de britagem secundária, resultando na Equação 9. Apesar de ser desenvolvido através de peneiramento a seco, esse modelo inclui o by-pass para finos, importante consideração para o peneiramento a úmido, utilizado em desenvolvimentos posteriores e possibilitando a sua aplicação mais ampla.

$$E(x) = \frac{1}{\left\{1 + \exp \left[\alpha \left(1 - \left(\frac{x}{x_{50}} \right)^3 \right) \right] \right\}} \quad (9)$$

Como descrito, esse modelo pode ser aplicado a peneiramento a úmido, apesar da base de desenvolvimento no peneiramento a seco, sendo α um dos parâmetros do modelo.

2.6.5 Modelo de Rogers

Baseado no modelo de Hatch & Mular [24], Rogers [25] propôs uma modificação para melhorar a representação do processo de uma peneira de alta frequência a úmido, como expresso na Equação 10.

$$E(x) = \frac{1}{\left\{1 + \left(\frac{x_{50}}{x}\right) \exp \left[\alpha \left(1 - \left(\frac{x}{x_{50}}\right)^3\right) \right] \right\}} \quad (10)$$

Esse modelo representa um avanço para o modelamento de peneiras de alta frequência, uma vez que foi o primeiro desenvolvido baseado em testes específicos neste tipo de equipamento.

Todavia, ele ainda depende de apenas uma variável para representar as características do processo, mantendo a limitação de seu predecessor para simulação. Além disso, ele foi desenvolvido para um peneiramento ainda grosseiro (faixa milimétrica), não levando em consideração aspectos relacionados ao peneiramento fino, como o efeito gancho no *by-pass*.

Essas particularidades são especialmente importantes para o banco de dados avaliados neste capítulo, em que aberturas tão finas quanto 45µm são utilizadas.

2.6.6 Modelo de Batterham et al.

Batterham et al. [1] também buscou melhorar o modelo desenvolvido por Hatch e Mular [24], mas teve uma abordagem diferente em suas modificações, incluindo dois parâmetros para descrever as características do processo (k e k'), como demonstrado na Equação 11. Apesar de não ser dedicado para peneiras de alta frequência, o modelo de Batterham et al. [1] apresenta uma melhor descrição dos dados com a variação dos parâmetros de processo, incluindo o *by-pass* e capacidade de descrever o efeito gancho.

$$E(x_i; x_{i+1}) = 1 + \frac{k}{x_i + x_{i+1}} \ln \left(\frac{1 + \exp \left[\frac{x_{50} - x_{i+1}}{k'} \right]}{1 + \exp \left[\frac{x_{50} - x_i}{k'} \right]} \right) \quad (11)$$

Como este modelo também é estabelecido empiricamente, cada modificação nos parâmetros de processo necessita de uma nova rodada de testes para o modelamento, assim como acontece para os outros modelos empíricos já discutidos.

2.6.7 Modelo de Ferrara & Preti

Migrando dos modelos puramente empíricos para os cinéticos, Ferrara & Preti [26] e Ferrara, Preti & Scena [27] desenvolveram uma série de formulações para descrever o processo de peneiramento, dividindo-o em duas partes, a primeira representando o peneiramento saturado (de ordem zero) e a segunda relacionada ao peneiramento em estado disperso (primeira ordem). Neste modelo L representa o comprimento da tela, F_w a taxa de alimentação por unidade de largura da peneira, σ a taxa de passagem das partículas com tamanho próximo ao da abertura da tela, x_a a abertura, k_{50} e s_{50} o tamanho em que 50% das partículas reportam para cada fluxo para o regime saturado e separado, respectivamente. As Equações de 12 a 15 expressão o modelo proposto.

$$E(x_i) = \exp \left(-k_i \int_0^L \frac{dL}{F_w} \right) \quad (12)$$

$$k_i = k_{50} 2^\sigma \left(1 - \frac{x_i}{x_a} \right)^\sigma \quad (13)$$

$$E(x_i) = \exp(-s_i L) \quad (14)$$

$$s_i = s_{50} 2^\sigma \left(1 - \frac{x_i}{x_a}\right)^\sigma \quad (15)$$

Esse modelo foi descrito como exato e preciso para a descrição de testes de peneiramento, mas muito difícil de ser aplicado industrialmente. Isso porque ele demanda um conjunto extensivo de dados por fração do comprimento da peneira, assim como o modelo de Miwa [22], não sendo aplicável ao conjunto de dados apresentado nesta tese.

2.6.8 Modelo de Subasinghe

Outro modelo cinético foi desenvolvido por Subasinghe, Shaap & Kelly [16]. Ao invés de separar o processo de peneiramento em duas etapas como Ferrara & Preti [26], ele foi estabelecido como dois processos de primeira ordem acontecendo simultaneamente, como detalhado na Equação 16.

$$E(x) = \frac{k_{s,x} \exp(-k_{p,x}L) - k_{p,x} \exp(-k_{s,x}L)}{k_{s,x} - k_{p,x}} \quad (16)$$

Este modelo é definido por dois parâmetros cinéticos e o comprimento da peneira. Apesar de tal modelo não demandar um procedimento de amostragem complexo como o de Ferrara & Preti [26], ele é descrito como extremamente difícil de se conseguir uma convergência e demanda dados detalhados de avaliações cinéticas de peneiramentos industriais, o que não é disponível para peneiras de alta frequência [9], portanto, não aplicável ao conjunto de dados aqui analisado.

2.6.9 Modelo de Mwale

O modelo desenvolvido por Mwale [2] é descrito como um dos modelos que melhor descrevem o peneiramento fino a úmido. Ele foi desenvolvido para peneiras de alta frequência com aberturas variando de 106 μm até tão finas quanto 45 μm . Esse modelo é empírico baseado em conceitos cinéticos, com o parâmetro K relacionado a função cinética, o parâmetro α' a nitidez de separação e δ descrevendo o by-pass. Além disso, ele discretiza em sua formulação variáveis operacionais como a concentração de sólidos (s), taxa de alimentação mássica (F), área aberta (A_o) e abertura da tela (x_a), facilitando a posterior simulação do processo. A Equação 17 expressa a proposta de Mwale [2].

$$E_{io} = 100 \exp\left(-\frac{A_o K}{F s \left(\frac{d_i}{x_a}\right)^{\alpha'}}\right) + \frac{\delta F}{1-s} \left[\exp\left(-\frac{d_i}{x_a}\right)\right]^{\alpha'} \quad (17)$$

Esse modelo é apresentado como de fácil procedimento amostral, programação e convergência dos dados. Para confirmação de sua aplicabilidade foi realizada uma extensiva campanha de testes em uma peneira de alta frequência industrial.

2.7 Resultados e discussão

A figura 2.2 mostra a avaliação de precisão do modelo de Hatch & Mular [24] para descrever o banco de dados e a tabela 2.1 mostra os parâmetros modelados (α e $x50$) para cada teste dos modelos avaliados.

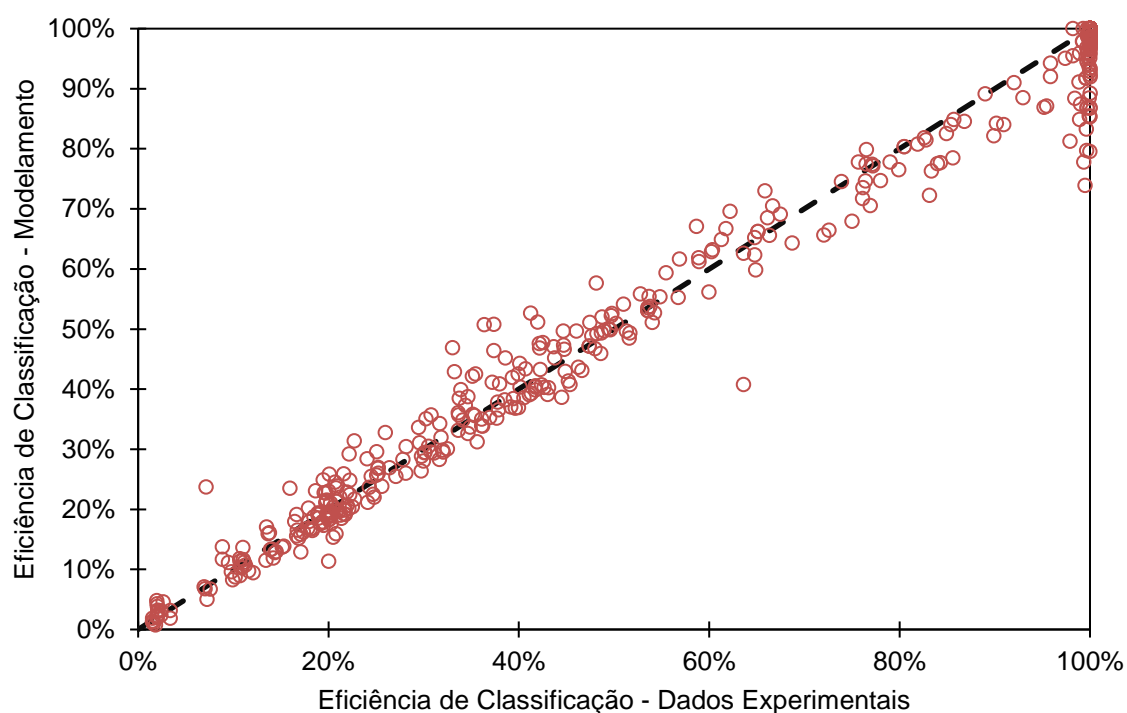


Figura 2.2 – Aderência do modelo de Hatch & Mular [24] aos dados experimentais.

O modelo de Hatch & Mular [24] apresentou boa aderência aos dados experimentais, com resultados satisfatórios de exatidão e precisão. No entanto, a ausência de parâmetros vinculados ao processo leva a uma convergência puramente empírica, com uma solução única para cada teste realizado, consequentemente limitando sua escalabilidade e capacidade de simulação (discutido em mais detalhes no capítulo 3).

Tabela 2.1 – Estimativa de parâmetros para os modelos avaliados em cada teste.

Teste	Hatch&Mular [24]		Rogers [25]		Batterham [1]			Mwale [2]		
	α	$x50$	α	$x50$	k	k'	$x50$	k	A	δ
1	1,59	36,87	0,52	36,11	21,7	10,27	43,90	1,56	3,31	0,92
2	1,38	33,63	0,56	32,04	58,6	8,26	40,62	2,37	2,22	0,54
3	1,35	33,70	0,62	32,12	58,5	8,27	40,62	0,66	3,56	0,60
4	0,97	29,82	0,35	27,53	197,2	5,95	38,36	2,26	2,68	1,39
5	0,99	29,30	0,35	27,53	150,6	6,18	37,57	3,64	2,59	0,95
6	0,65	24,51	0,19	21,66	154,3	5,55	34,67	3,52	2,66	1,12
7	0,73	25,11	0,24	22,63	179,1	5,01	34,71	1,83	2,81	3,07
8	0,52	21,00	0,15	18,62	103,7	5,47	32,11	3,04	2,55	2,22
9	0,21	12,63	0,05	11,98	0,0	5,60	26,38	3,87	2,42	1,18
10	0,00	1,75	0,01	7,53	0,0	5,67	23,30	2,85	1,84	2,59
11	0,25	16,23	0,04	14,40	0,0	7,42	30,29	5,29	2,02	1,49
12	0,00	1,70	0,02	7,58	0,0	4,36	21,42	1,62	1,68	0,00
13	0,00	1,05	0,02	8,29	0,0	5,14	23,25	3,13	1,47	0,00
14	2,60	74,40	1,44	74,96	394,9	22,77	68,80	4,31	2,55	0,44
15	2,23	69,16	1,10	68,46	337,5	20,13	64,80	5,50	2,43	0,36
16	1,63	62,71	0,64	60,57	388,0	18,17	61,56	2,95	3,14	1,34
17	1,35	61,02	0,40	57,06	419,5	17,67	60,16	3,56	2,87	1,47
18	1,16	58,63	0,29	52,55	440,5	17,21	58,89	5,14	2,68	1,18
19	0,84	53,26	0,14	43,22	461,7	16,43	56,27	4,85	2,88	1,22
20	1,34	56,89	0,46	53,22	424,8	15,60	58,53	1,91	3,83	2,71
21	1,48	60,62	0,55	58,34	471,9	16,79	61,26	7,02	2,68	1,41
22	0,68	45,18	0,10	35,43	424,6	13,85	52,30	6,06	2,48	1,92
23	0,64	41,54	0,09	32,61	381,0	12,74	50,07	7,91	2,44	1,32
24	1,38	57,96	0,40	55,49	344,9	17,69	58,77	6,93	2,38	1,94
25	1,85	60,62	0,86	60,17	390,7	17,10	61,78	11,67	2,64	0,86
26	1,84	60,42	0,85	59,96	390,0	17,02	61,64	16,65	2,64	0,61
27	3,92	101,40	3,08	101,21	634,6	45,51	80,21	2,92	3,96	0,14
28	3,32	110,19	2,12	116,71	822,7	47,69	81,88	8,95	3,51	0,28
29	2,09	101,79	0,96	104,40	778,1	36,96	77,31	5,83	3,15	0,45
30	1,41	92,97	0,33	89,35	741,4	35,06	71,25	9,19	2,68	0,70
31	1,46	86,74	0,39	80,83	529,0	30,88	68,38	5,46	2,44	1,11
32	0,77	67,73	0,07	49,39	517,0	25,71	60,05	6,15	2,71	1,11
33	0,87	77,29	0,02	60,02	686,5	32,97	63,86	8,86	1,87	1,89
34	0,10	32,26	0,00	22,71	510,0	21,50	50,19	8,07	2,06	1,75
35	0,21	74,02	0,00	37,22	1158,1	46,60	52,76	19,71	2,10	1,40
36	0,32	78,68	0,01	41,58	1153,5	42,16	58,25	17,32	2,53	1,32
37	4,19	145,46	2,92	144,20	906,8	70,20	75,73	9,13	2,72	0,03
38	2,13	106,37	0,92	111,46	736,0	41,66	76,72	5,35	2,62	0,31
39	1,61	90,57	0,44	88,54	566,0	32,54	70,39	4,72	2,05	0,67
40	1,42	82,52	0,34	79,34	656,4	26,23	69,24	6,02	2,13	0,52
41	1,53	92,30	0,32	93,89	620,6	36,15	70,48	5,15	2,01	1,19
42	1,39	89,12	0,17	87,88	528,0	35,84	67,63	7,99	1,69	0,90
43	1,40	87,40	0,24	84,52	534,1	33,31	67,99	5,09	2,55	0,71
44	0,42	33,92	0,03	24,91	265,3	13,25	45,57	7,62	1,39	1,01
45	0,44	61,64	0,01	36,32	456,1	31,48	53,62	12,70	1,61	0,95

Para α , a maioria dos testes apresentou valor no modelamento variando entre 0,4 e 1,6. Como este parâmetro é influenciado pela nitidez de separação e *by-pass*, é esperado que esta variação esteja de acordo com as condições de processo avaliadas

(taxa de alimentação, concentração de sólidos e abertura da tela). Uma atenção especial deve ser dada para aberturas pequenas em que o *by-pass* não tem o aspecto de platô, levando a menor exatidão, como exemplo nos testes 10, 12 e 13. A figura 2.3 mostra a aderência dos dados do modelamento segundo Rogers [25] aos resultados experimentais, enquanto a tabela 2.1 detalha os parâmetros modelados (α and x_{50}).

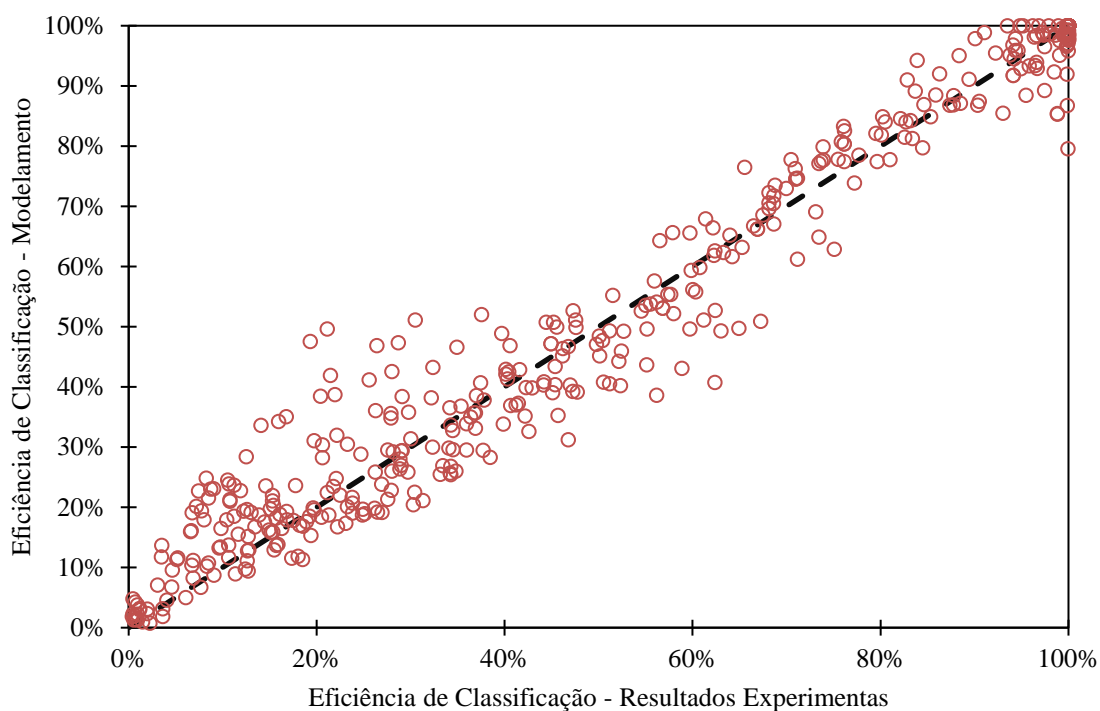


Figura 2.3 – Aderência do modelo de Rogers [25] aos dados experimentais.

O modelo de Rogers apresenta boa exatidão considerando a mediana do banco de dados (para os melhores valores de exatidão o parâmetro α variou entre 0,4 e 1,2), mas a precisão foi menor que as observadas nos outros modelos. Graficamente, essa menor precisão fica visível com uma maior dispersão dos pontos no entorno da função identidade. Essa menor exatidão é mais pronunciada quando o efeito gancho é observado (ver testes 35, 40 e 44).

Portanto, as modificações propostas por Rogers [25] em relação ao modelo de Hatch & Mular [24] não levaram a uma melhoria da representação dos resultados experimentais para o conjunto de dados avaliados nesta tese, especialmente para a região de *by-pass* e efeito gancho (partição com valores menores que 50%). Adicionalmente, o modelo de Rogers [25] apresenta as mesmas dificuldades para escalabilidade e simulação que o modelo de Hatch & Mular [24].

Já a figura 2.4 mostra a comparação entre a curva de partição segundo o modelamento por Batterham et al. [1] e os resultados experimentais, enquanto a tabela 2.1 exibe os parâmetros estimados no modelamento de cada ensaio.

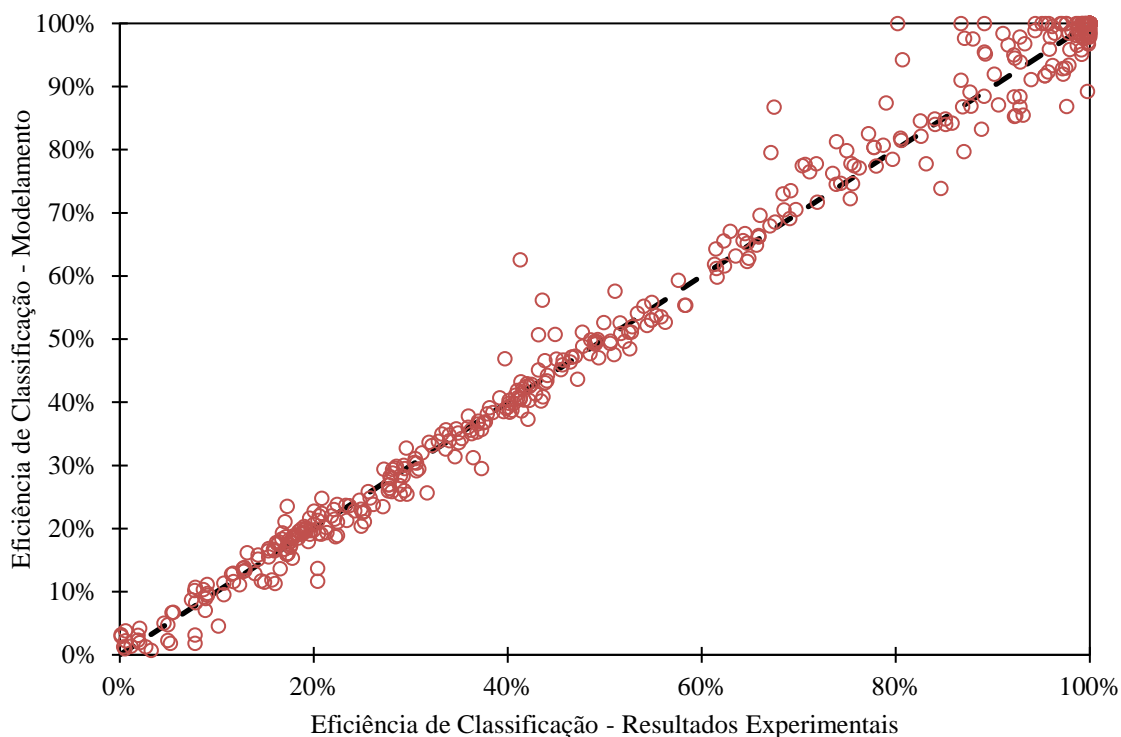


Figura 2.4 – Aderência do modelo de Batterham et al. [1] aos dados experimentais.

O modelo de Batterham et al. [1] apresenta a melhor aderência entre todos os modelos avaliados, combinando exatidão e precisão. Ele apresenta uma boa descrição dos dados independente da condição testada, apenas com pequeno desvio para grossos, na primeira inflexão da curva de partição. Esse fato é esperado, já que há um balanço que quanto melhor a descrição dos dados de *by-pass* e efeito gancho, pior é a descrição da região grossa, e essa última tem menor prioridade, pois representa menor influência na função objetivo.

Como o parâmetro k descreve o efeito gancho, ele variou entre 0, quando este efeito não é observado, até 1158, quando ele é mais pronunciado. Já o parâmetro k' é inversamente proporcional a inclinação da curva de partição no entorno do ponto x_{50} , variando entre 5 e 70, de acordo com as condições do teste.

Apesar de uma boa descrição dos dados experimentais, esse modelo é o que apresenta mais sensibilidade de seus parâmetros pelas condições de processo, tendo limitações para a escalabilidade. Os parâmetros estimados são válidos apenas para condições muito específicas de processo, reduzindo sua precisão para condições simuladas que extrapolam as condições nas quais ele foi parametrizado.

Por fim, a tabela 2.1 e a figura 2.5 apresentam a análise de dados de acordo com o modelo proposto por Mwale [2].

O modelo desenvolvido por Mwale em 2015 não é tão preciso quanto o de Batterham et al. [1], mas também apresenta excelente aderência. O parâmetro δ , para descrição do *by-pass* e efeito gancho, variou de 0, quando absentes, até 3,1, quando são mais representativos. Por outro lado, o parâmetro para nitidez de separação variou entre 1,4 e 4,0, de acordo com a condição do teste. Por fim, o parâmetro cinético K variou entre 0,7 até 19,7, acompanhando as condições testadas e resultados obtidos.

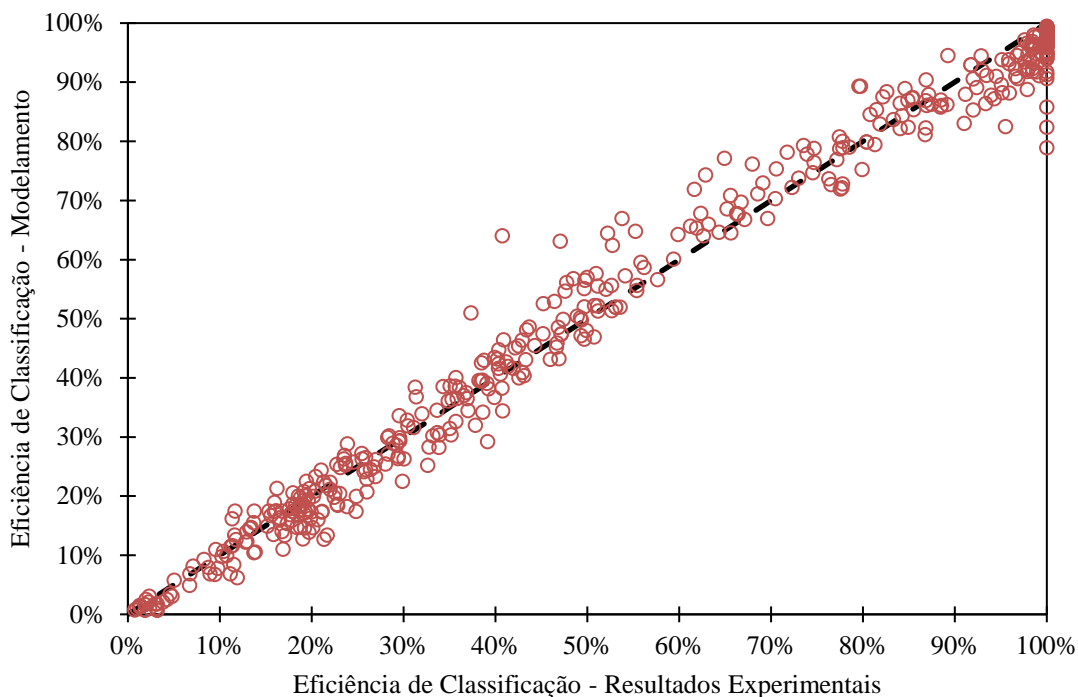


Figura 2.5 – Aderência do modelo de Mwale [2] aos dados experimentais.

A vantagem desse desenvolvimento mais recente é sua abordagem fenomenológica para o modelamento, considerando variáveis de processo como parte da formulação do modelo, melhorando sua capacidade de simulação e reduzindo sua dependência do valor dos parâmetros do modelamento para condições específicas de testes. Entretanto, sua escalabilidade ainda precisa ser avaliada, uma vez que os testes foram realizados em um equipamento em escala real para o desenvolvimento do modelo e interpretação dos resultados.

Os quatro modelos selecionados para a descrição dos dados, Hatch & Mular [24], Rogers, [25], Batterham et al. [1] e Mwale [2], foram comparados com relação ao seu viés e EQM para análise de exatidão, e a variância de EQM para sua precisão. A tabela 2.2 mostra os resultados quantificados da análise comparativa.

Tabela 2.2 – Comparação quantitativa para exatidão e precisão dos modelos.

Modelo	Hatch & Mular [24]	Rogers [25]	Batterham et al. [1]	Mwale [2]
Parâmetros (#)	2	2	3	3
Amostras	532	532	532	532
EQM	0.0019	0.0071	0.0008	0.0016
Viés	2.7%	0.5%	1.4%	4.2%
σ^2_{EQM}	0.00004	0.00008	0.00004	0.00002

Como discutido anteriormente, o modelo de Batterham et al. [1] apresenta o melhor resultado no modelamento, com boa exatidão, pequeno viés, e variância reduzida. Já o modelo de Mwale [2] resultou em boa exatidão a menor variância, mas um viés levemente mais pronunciado de superestimar o valor de partição, mas ainda em valor aceitável. Por outro lado, Hatch & Mular [24] apresentou valores intermediários, com exatidão e precisão aceitáveis, enquanto o modelo de Rogers [25] apresentou a menor exatidão e precisão.

Portanto, se o objetivo é obter uma melhor descrição dos dados, Batterham et al. [1] seria o modelo mais adequado de acordo com este banco de dados. No entanto, se o objetivo for não só o modelamento, mas também a simulação do processo, Mwale seria o mais recomendado. O modelo de Mwale apresenta boa aderência aos resultados experimentais e discretiza os principais parâmetros de processo em sua formulação, individualizando-os dos parâmetros do modelo.

Outro modelo que se destaca é o de Hatch & Mular [24]. Este modelo apresenta uma boa aderência e é muito mais simples de ser programado e com menor sensibilidade aos parâmetros operacionais que o de Batterham et al. [1]. Assim, esse modelo é uma boa alternativa a ser comparada ao de Mwale para eficácia na simulação, como avaliado no capítulo seguinte.

Apesar do modelo de Mwale [2] ter uma boa aderência aos dados e trazer uma abordagem fenomenológica com maior propensão a simulação, um procedimento de escalonamento ainda é ausente, permitindo avaliar amostras reduzidas em escala piloto para entender o impacto em um processo industrial. Especialmente em projetos *greenfield*, com amostras limitadas, ou condições operacionais em que a amostragem em grandes volumes não é possível, esse desenvolvimento é necessário para uma avaliação técnica e financeira. Um exemplo é o método desenvolvido por Guerreiro, Gedraite e Ataide [19], em que uma peneira piloto foi desenvolvida com esse intuito, mas o caso da peneira de alta frequência é ainda uma lacuna a ser preenchida.

2.8 Conclusões e Recomendações

O modelamento do processo de peneiramento tem sido desenvolvido ao longo dos anos baseado em modelos empíricos, probabilísticos e cinéticos. A maioria dos trabalhos foi desenvolvido para peneiramentos grosseiros a seco, mais aplicáveis a circuitos de britagem.

Entretanto, o aprimoramento tecnológico das peneiras de alta frequência e sua adoção em circuitos de moagem tem requerido o desenvolvimento de modelos mais específicos para a utilização na simulação de processo e aferição de seus benefícios.

Hatch & Mular [24] desenvolveram um modelo para peneiramento a seco considerando o *by-pass*, sendo possível descrever o processo de peneiramento fino em uma peneira de alta frequência com precisão e exatidão. Todavia, sua capacidade de simulação é limitada, como será avaliada no capítulo seguinte.

Rogers [25] desenvolveu um modelo empírico para peneiras de alta frequência, mas dedicado a peneiramento grosseiro. Este tem uma adequada aderência aos dados experimentais, mas com a menor precisão e exatidão entre os modelos avaliados.

Já o modelo de Batterham et al.[1], apresentou a melhor descrição dos dados experimentais, com a maior precisão e exatidão e viés reduzido. Porém, esse modelo é puramente empírico, com as variáveis de processo incorporadas nos parâmetros do modelo, levando a uma alta sensibilidade as condições testadas e, por consequência, capacidade de simulação muito limitada. Assim, esse modelo é indicado somente quando uma modelagem com boa aderência aos dados experimentais é buscada, não sua simulação.

Por fim, o trabalho mais recente, o modelo de Mwale [2] para peneiramento fino a úmido utilizando peneiras de alta frequência, apresentou a melhor combinação entre precisão, exatidão e capacidade de simulação. Ele individualiza as variáveis de processo em sua formulação, facilitando sua simulação. Além disso, é necessária uma campanha de amostragem relativamente simples, mesmo em um circuito industrial. Nesse caso, apenas amostras dos fluxos de alimentação, retido e passante precisam ser coletadas, mais simples quando comparado as metodologias de Miwa [22] e Ferrara & Preti [26], em que amostras devem ser coletadas dividindo o fluxo passante em porções ao comprimento da peneira. Esse processo complexo é praticamente impossível de ser realizado em um circuito industrial por limitações de segurança, projeto do equipamento e restrições de representatividade.

Apesar dessa evolução, procedimentos e fatores para escalonamento do processo a partir de testes laboratoriais ainda precisam ser desenvolvidos. Para todos os quatro modelos avaliados, incluindo o de Mwale [2], dados de peneiramento em escala real foram utilizados para o desenvolvimento dos modelos, o que representa uma limitação

atual para a simulação do processo de peneiramento fino a úmido. Certamente, com um conjunto de dados robusto proveniente de diversas e extensas campanhas de amostragens em circuito industrial é possível gerar um conjunto de parâmetros que permite sua simulação com eficácia. Por outro lado, condições que permitem esse nível de detalhamento são raras para avaliação de novos processos.

Para casos em que amostras em larga escala não estão disponíveis (equipamento industrial), como em novos projetos com acesso limitado a amostras volumétricas, a ausência de um equipamento piloto com uma metodologia de estimativa de parâmetros limita o modelamento e a simulação para uma análise de viabilidade técnica e financeira.

O primeiro passo para reduzir essa lacuna existente em classificação fina com peneiras de alta frequência é o desenvolvimento de um equipamento de laboratório, em escala reduzida, que consiga replicar as principais características do dispositivo industrial, como detalhado no capítulo seguinte.

2.9 Referências

[1] Batterham, RJ, Weller, KR, Norgate, TE, Birkett, CJ, 1980, "Screen performance and modelling with special reference to iron-ore crushing plants", European Symposium on Particle Technology, Amsterdam, Netherlands, pp. 1-16.

[2] Mwale, AN, 2015, "A mathematical model for predicting classification performance in wet fine screens", University of Cape Town, Cape Town, South Africa.

- [3] Wills, BA, Finch, JA, 2016, "Will's mineral processing technology", Elsevier, Oxford, UK, ISBN: 978-0-08-097053-0.
- [4] Barkhuysen, NJ, 2009, "Implementing strategies to improve mill capacity and efficiency through classification by particle size only, with case studies", Proceedings of V Southern African Base Metals Conference, Kasane, Botswana. The South African Institute of Mining and Metallurgy, p. 101-114.
- [5] Dundar, H, 2020, "Investigating the benefits of replacing hydrocyclones with high-frequency fine screens in closed grinding circuit by simulation", Minerals Engineering, 148, pp. 106-212.
- [6] Mobote, S, 2016, "Development of a wet fine screen model integrating the effect of operating and design variables on screening performance", University of Cape Town, Cape Town, South Africa.
- [7] Bibby, J, Toutenburg, H, 1977, "Prediction and improved estimation in linear models", John Wiley&Sons, Berlin, Germany.
- [8] Tedeschi, LO, 2004, "Assessment of the Adequacy of Mathematical Models", Workshop on Mathematical Model Analysis and Evaluation, Sassari, Italy.
- [9] Hilden, MM, 2007, "A dimensional analysis approach to the scale-up and modelling of industrial screens", University of Queensland, Brisbane, Australia.
- [10] Soldinger, M, 1999, "Interrelation of stratification and passage in the screening process", Minerals Engineering, 12, pp. 497-516.
- [11] Soldinger, M, 2000, "Influence of particle size and bed thickness on the screening process", Minerals Engineering, 13, pp. 297-312.

- [12] Kelly, EG, Spottiswood, DJ, 1995, "Introduction to mineral processing", The Australian mineral foundation, Adelaide, Australia.
- [13] Taggart, AF, 1945, "Handbook of mineral dressing: ores and industrial minerals", John Wiley and Sons, New York, USA.
- [14] Sales, CG, 2020, "Peneiramento industrial: metodologia para dimensionamento e simulação", Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil (Portuguese).
- [15] Fuerstenau, MC, Han, KN, 2003, "Principles of mineral processing", Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Littleton, USA, ISBN: 978-087335-291-8.
- [16] Subasinghe, GKNS, Schaap, W, Kelly, EG, 1989, "Modelling the screening process – an empirical model", Minerals Engineering, 2, pp. 235-244.
- [17] Herbst, JA, Potapov, AV, 2004, "Radical innovations in mineral processing simulation", Minerals & Metallurgical Processing, 21, pp. 57-64.
- [18] Karra, VK, 1979, "Development of a model for predicting the screening performance of a vibrating screen", CIM Bulletin, 72, pp. 167-171.
- [19] Guerreiro, FS, Gedraite, R, Ataíde, CH, 2016, "Residual moisture content and separation efficiency optimization in pilot-scale vibrating screen", Powder Technology, 287, pp. 301-307.
- [20] Barbosa, VP, Menezes, AL, Gedraite, R, Ataíde, CH, 2020, "Vibration screening: detailed study using image analysis techniques to characterize the bed behavior in solid–liquid separation", Minerals Engineering, 154, pp. 1-9.
- [21] Gaudin, AM, 1939, "Principles of mineral dressing", McGraw Hill, New York, USA.

- [22] Miwa, S, 1960, "Proposal of a new index for expressing the performance of screens", *Kagaku Kogaku*, 24, pp. 150-155.
- [23] Whiten, WJ, 1972, "Simulation and model building for mineral processing", University of Queensland, Brisbane, Australia.
- [24] Hatch, CC, Mular, AL, 1978, "Digital simulation of a secondary crushing plant", General Meeting of CIM, Vancouver, Canada.
- [25] Rogers, RSC, 1982, "A classification function for vibrating screens", *Powder Technology*, 31, pp. 135-137.
- [26] Ferrara, G, Preti, U, 1975, "A contribution to screening kinetics", 11th International Minerals Processing Congress. Università di Cagliari, Cagliari, pp. 1-35.
- [27] Ferrara, G, Preti, U, Schena, GD, 1987, "Modelling of screening operations", *International Journal of Mineral Processing*, 22, pp. 193-222.
- [28] Moraes, MN, Neto, PB, Brandao, PRG, 2019, "Increasing the productivity in a magnesite pilot plant combining open ball mill circuit and high frequency screener", *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*, 16, 121-128.

3. ENSAIOS EM UMA PENEIRA DE ALTA FREQUÊNCIA DE LABORATÓRIO PARA TESTES CONTÍNUOS COM AMOSTRAS REDUZIDAS

3.1 Introdução

O desenvolvimento de equipamentos em escala reduzida mostra-se de grande importância para a avaliação de novas tecnologias desenvolvidas para a aplicação industrial. Equipamentos de laboratório permitem o modelamento de processos inovadores e sua simulação para circuitos industriais, estimando os potenciais técnicos e financeiros, baseado em ensaios com amostras reduzidas [1].

As peneiras de alta frequência são um exemplo de equipamento que tem sido adotado em circuitos de comunicação, mas sua avaliação técnica é baseada apenas em testes em escala industrial. A vantagem clara dessa abordagem é ter o resultado já em escala real, mas, em contrapartida, necessita de algumas toneladas de amostras para uma avaliação adequada [2,3]. Em muitos casos esse volume amostral não está disponível, especialmente em projetos *greenfield*, ou é limitada a quantidade de parâmetros a serem variados devido à complexidade amostral e o volume a ser manuseado.

Peneiras de alta frequência de laboratório estão disponíveis comercialmente, mas não para processos contínuos, nem com as telas especiais desenvolvidas para ter elevada área aberta e melhor eficiência, mesmo com aberturas tão finas quanto $38\mu\text{m}$ [4,5,6].

São justamente essas as qualidades que contribuíram para a adoção das peneiras de alta frequência em processos industriais, substituindo hidrociclones para classificação

em circuitos de moagem, desaguamento de partículas e delimitação da granulometria de produtos. As peneiras de alta frequência oferecem melhor eficiência que as tecnologias anteriores (hidrociclones e peneiramento convencional), reduzindo o consumo energético e custos, ao mesmo tempo que aumentam a produtividade e qualidade do circuito. A limitação, por vezes enfrentada para sua aplicação, é a área necessária para a instalação, uma vez que esta pode ser limitada, especialmente em plantas com elevadas taxas de processamento e projetos *brownfield* [3- 6].

Assim, este capítulo descreve o desenvolvimento de uma nova peneira de alta frequência para testes contínuos em escala de laboratório, mantendo as principais características observadas para o processo industrial. Além disso, uma amostra de minério de magnesita é utilizada para avaliar o novo equipamento, e testes foram conduzidos em diferentes condições de processo, sendo os resultados analisados com diferentes modelos de peneiramento. Por fim, os modelos escolhidos são comparados de acordo com sua aderência para descrição dos dados experimentais e sua capacidade de simulação é discutida.

3.2 Metodologia

Primeiramente, os principais aspectos do desenvolvimento da peneira de laboratório são descritos considerando as características de design e limitações para a comparação com o equipamento de escala industrial. Adicionalmente, os modos de testes possíveis são descritos para ensaios de peneiramento contínuo. Por fim, as conexões necessárias para os processos a montante e a jusante são comentadas, caso um teste contínuo de planta piloto seja necessário.

Após o detalhamento do desenvolvimento da nova peneira, uma base de dados de testes é utilizada para analisar o modelamento e parâmetros gerados, estabelecendo a base para uma comparação com o circuito industrial.

O banco de dados foi montado com base em testes realizados nesta nova peneira, utilizando amostras produzidas em um moinho de bolas piloto calibrado para reproduzir a distribuição de tamanho de partículas do moinho em escala industrial de uma planta de processamento de magnesita [7].

Com a amostra de minério preparada, três concentrações de sólidos (50, 40 e 30% em massa) e duas taxas de alimentação (500 e 300kg/h) foram avaliadas. Adicionalmente, para cada condição, duas aberturas de telas foram testadas (300 e 250 μ m). Finalmente, em cada ensaio e para cada fluxo (alimentação, passante e retido) as amostras foram coletadas três vezes durante a realização do ensaio, a fim de aumentar a robustez da análise de dados.

Todas essas condições foram selecionadas para reproduzir as variáveis de processo presentes na planta de processamento de magnesita, localizada na cidade de Brumado (Bahia), sendo esse o caso base para esta avaliação [7].

Para cada uma das 36 campanhas de amostragem, os fluxos medidos foram balanceados utilizando o software Bilco™ da Caspeo. Os dados balanceados foram então modelados e analisados segundo as formulações de Mwale [8] e Hatch & Mular [9], selecionados de acordo com a avaliação conduzida previamente por Moraes, Galery e Mazzinghy [3] pela sua boa aderência aos dados experimentais e simplicidade de implementação. Os modelos foram implementados utilizando o Microsoft Excel e o complemento Solver foi utilizado para estimar os parâmetros do modelo para cada ensaio (uso de uma função objetivo minimizando a soma dos

quadrados das diferenças entre os dados experimentais e modelados). Por fim, a precisão e exatidão de cada modelo para representar os dados experimentais foi analisada, e sua sensibilidade a modificação dos parâmetros de processos foi avaliada como indicativo de capacidade de simulação dos modelos.

3.3 Peneira de Alta Frequência de Laboratório

A peça central do desenvolvimento da peneira de laboratório foi o suporte para receber a tela especial utilizada no equipamento industrial, ao mesmo tempo reduzindo a área de peneiramento comparada ao caso base para este desenvolvimento, a peneira de alta frequência Derrick® Stack Sizer® [10]. Então, o suporte foi desenhado e fabricado para a instalação na peneira com a flexibilidade para escolha de porções da área de peneiramento original, controlando o ângulo de peneiramento e mantendo a tensão necessária para uma boa operação da tela. A figura 3.1 mostra o suporte desenvolvido com a tela instalada.

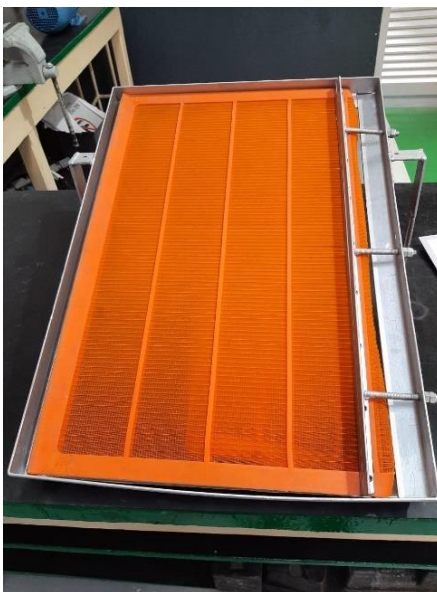


Figura 3.1 – Suporte e instalação de tela para peneira de laboratório.

Em seguida, o conjunto da tela foi instalado na estrutura de uma peneira piloto de desaguamento, que consegue operar na faixa de alta frequência (1800 ciclos por minuto), controlada por um inversor de frequência. Essa estrutura foi modificada para receber o suporte da tela sem alterar seu mecanismo de vibração. Este dispositivo piloto foi selecionado para utilizar um recurso já existente no laboratório e facilitar novos desenvolvimentos, já que este está disponível comercialmente, restando somente a adaptação do suporte da tela, desenvolvido neste estudo. Por fim, um sistema de alimentação da polpa também foi desenhado e produzido, garantindo não só uma boa distribuição do fluxo ao longo da superfície da tela, como também a quebra da velocidade do fluxo bombeado, o qual é prejudicial, que é prejudicial para a eficiência do processo. A figura 2 mostra a instalação concluída, com o conjunto da tela e o alimentador montados sobre a estrutura da peneira piloto.



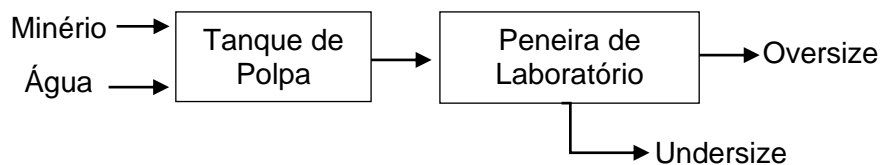
Figura 3.2 – Instalação da peneira de alta frequência de laboratório.

Com esta configuração, uma amostra de apenas 30kg é suficiente para realização de um ensaio para modelamento do processo, podendo chegar a 100kg caso uma análise de diversas variáveis operacionais é desejada, como neste desenvolvimento.

3.4 Alternativas de Circuitos para Testes Contínuos

A peneira de alta frequência de laboratório foi desenhada para trabalhar em processo contínuo, seja isolada (com amostra de alimentação coletada em uma campanha de amostragem prévia ao teste de peneiramento) ou interligada em uma planta piloto. A figura 3.3 apresenta as alternativas de circuitos em que a peneira desenvolvida pode ser aplicada.

Configuração 1 – Peneiramento Solo



Configuração 2 – Sistema integrado

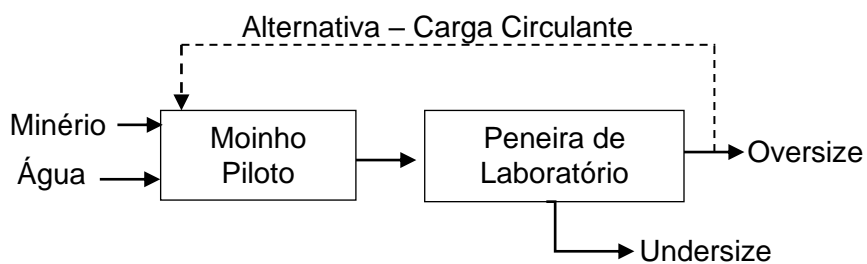


Figura 3.3 – Circuitos alternativos para testes de peneiramento.

Para os testes apresentados neste capítulo, a peneira foi operada isoladamente, processando as amostras produzidas previamente no moinho de bolas piloto.

3.5 Testes na Peneira de Alta Frequência de Laboratório

Os resultados dos testes estão divididos em duas sessões, uma para avaliação de precisão e exatidão dos modelos, seguida pela análise de variabilidade dos parâmetros dos modelos de acordo com as condições de processo.

3.5.1 Modelamento da Curva de Partição

Os modelos de peneiramento foram desenvolvidos para representar a curva de partição, que é definida experimentalmente pelo percentual de partículas de classe i retidas na superfície da peneira (*oversize*) em relação a massa total de partículas desta mesma classe de tamanho [11], como descrito na Equação 1.

$$E_i = \frac{O}{F} = \frac{f_i - u_i}{o_i - u_i} \quad (1)$$

Para o modelamento dos resultados experimentais, os modelos de Mwale [8] e Hatch & Mular [9] foram selecionados, sendo as Equações 2 e 3, respectivamente, descrevendo cada modelo.

$$E_{io} = 100 \exp \left(- \frac{A_o K}{F_s \left(\frac{d_i}{x_a} \right)^{\alpha'}} \right) + \frac{\delta F}{1 - s} \left[\exp \left(- \frac{d_i}{x_a} \right) \right]^{\alpha'} \quad (2)$$

$$E(x) = \frac{1}{\left\{ 1 + \exp \left[\alpha \left(1 - \left(\frac{x}{x_{50}} \right)^3 \right) \right] \right\}} \quad (3)$$

Para a primeira análise, os dados modelados são plotados contra os resultados experimentais, representando na figura 3.4 para o modelamento segundo Mwale [8] e na figura 3.5 para o modelamento de acordo com Hatch & Mular [9].

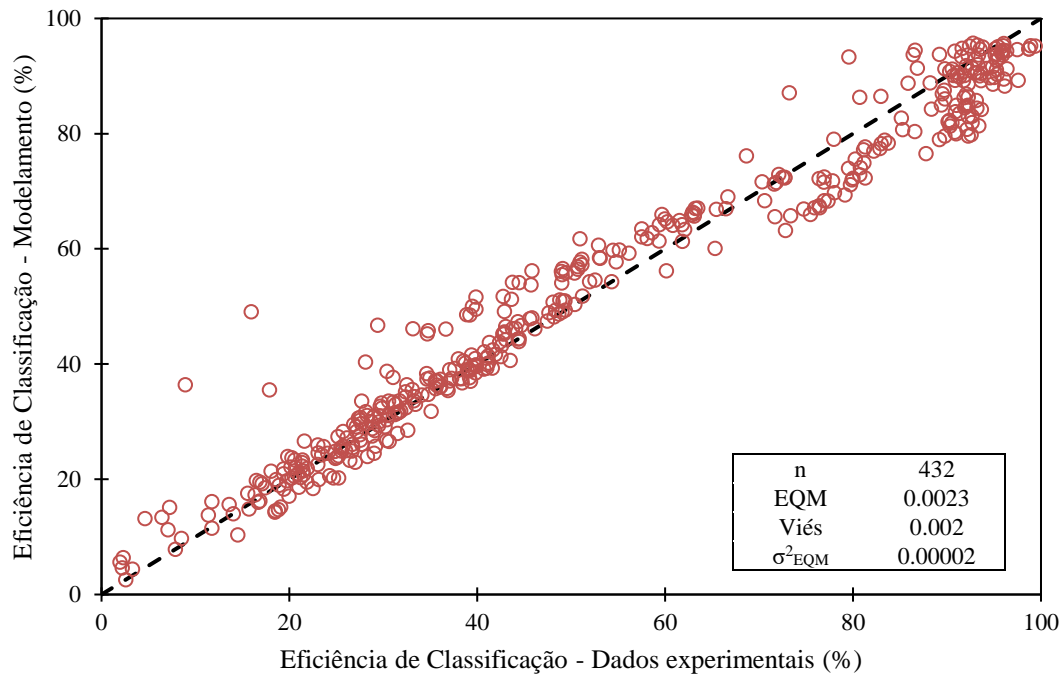


Figura 3.4 - Aderência do modelo de Mwale [8] aos resultados da peneira de laboratório.

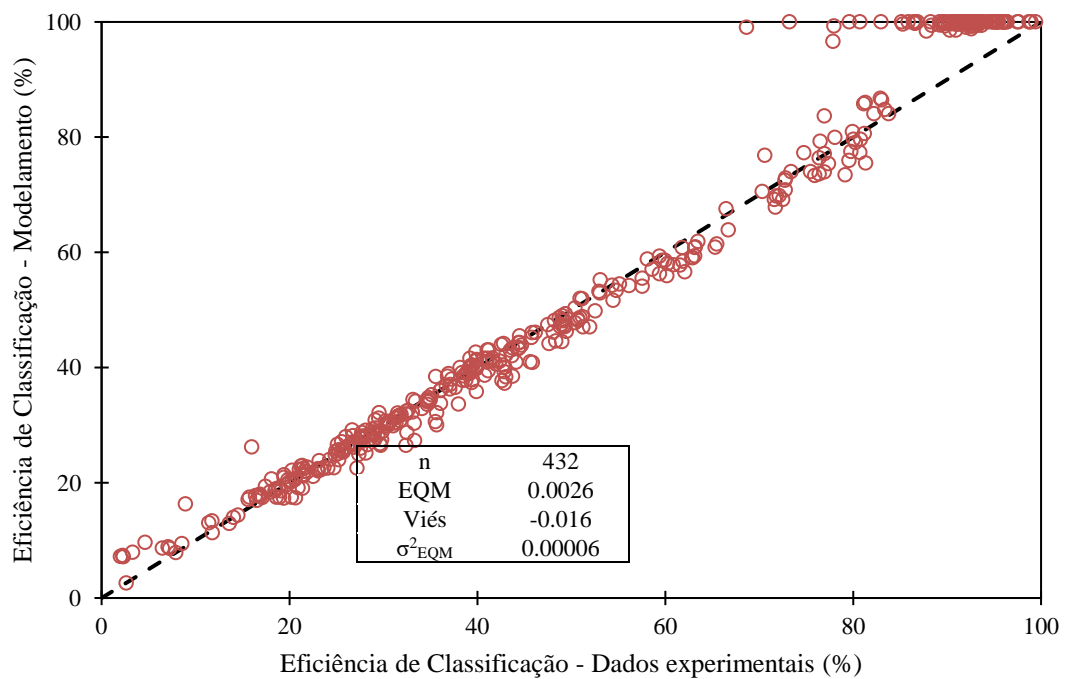


Figura 3.5 - Aderência do modelo de Hatch & Mular [9] aos resultados da peneira de laboratório.

O erro quadrático médio (EQM) e o viés são considerados para avaliação de exatidão, enquanto a variância é o parâmetro observado para a precisão [3,12,13]. Comparando os resultados atingidos nos modelos, Mwale [8] apresentou tanto melhor exatidão quanto maior precisão, como observado em Moraes, Galery e Mazzinghy [3], expresso por menores EQM, viés e variância do EQM. Assim, esse modelo apresenta o melhor compromisso entre aderência para faixa de grossos e de finos.

O modelo de Hatch & Mular [9], por outro lado, reproduz muito bem a porção fina da curva, mas perdeu aderência na porção grosseira, o que levou a menor exatidão representado por maiores valores de EQM e viés. Entretanto, este ainda assim apresenta uma boa descrição dos dados experimentais, sendo apenas comparativamente pior que o modelo de Mwale [8] neste caso específico.

3.5.2 Sensibilidade dos parâmetros dos modelos as variáveis operacionais

Na segunda análise, os parâmetros dos modelos são avaliados de acordo com cada variável operacional testada, observando sua sensibilidade como uma indicação de exatidão na simulação quando uma condição de processo é alterada.

Para o modelo de Mwale [8], K representa o parâmetro cinético, α' a nitidez de separação e δ descreve o *by-pass* e o efeito gancho. A figura 3.6 mostra a variação do parâmetro K de acordo com a condição de processo, enquanto a figura 3.7 apresenta análise parecida para o parâmetro α' . O parâmetro δ não é analisado, pois é intrinsecamente dependente das condições de processo, variando de acordo com estas.

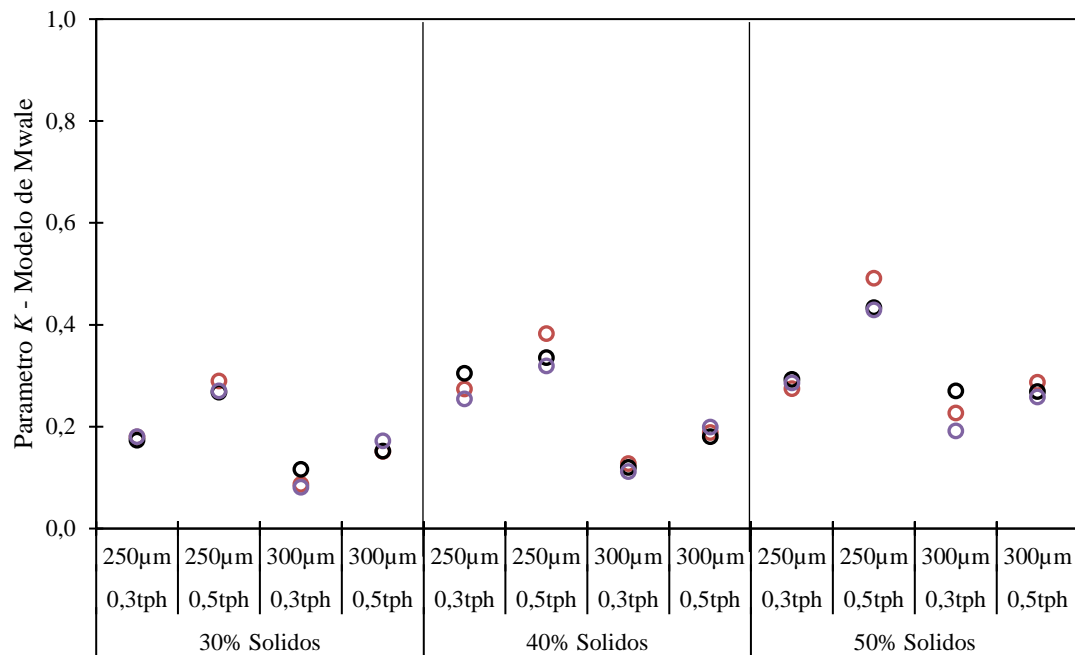


Figura 3.6 – Variação do parâmetro K de Mwale [8] de acordo com a condição de processo em triplicata.

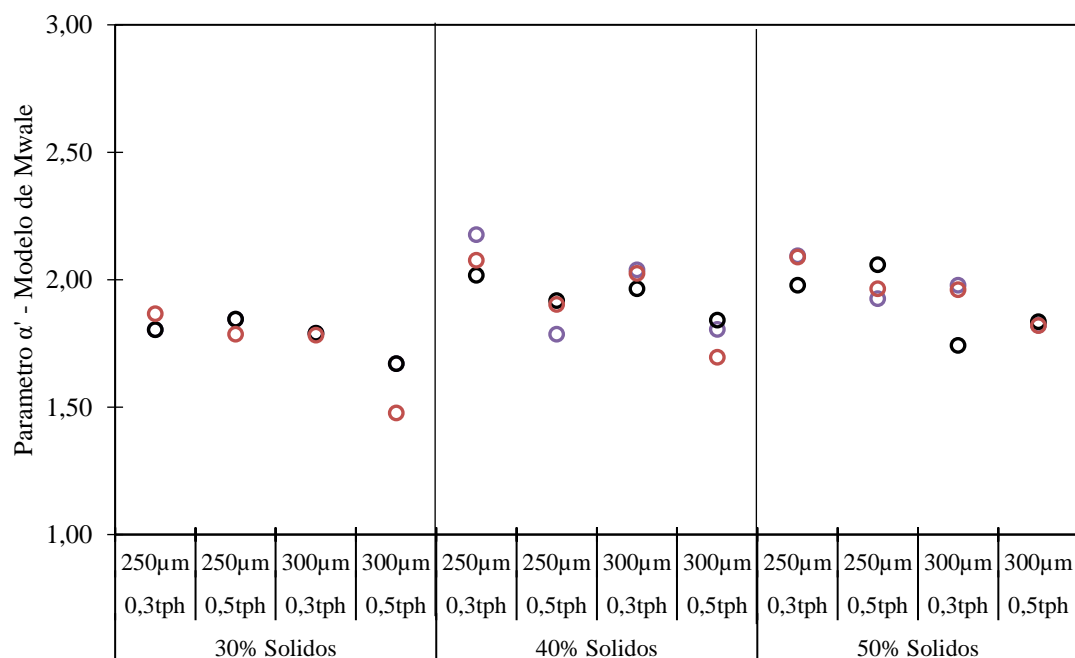


Figura 3.7 – Variação do parâmetro α' de Mwale [8] de acordo com a condição de processo em triplicata.

A análise dos resultados indica que o parâmetro K aumenta para um maior percentual de sólidos e taxa de alimentação, enquanto reduz com o aumento da abertura. Esses resultados, ainda que esperados em uma análise fenomenológica (K é um parâmetro cinético e maior valor leva a mais partículas reportando para o *oversize*), apresentam uma limitação para simulação. Caso testes sejam conduzidos em uma determinada condição de processo e K é estimado, mas é necessária a extrapolação para uma condição distinta, modelo e, conseqüentemente, a simulação terão menor exatidão. No entanto, essa variação é relativamente baixa, especialmente quando comparada a resultado obtido para Hatch & Mular [9].

Em contraste, o parâmetro α' apresenta valores muito similares para diferentes aberturas da tela e taxa de alimentação, aumentando levemente para maiores percentuais de sólidos. Assim, a simulação apresentará boa exatidão mesmo variando essas condições operacionais, especialmente se o percentual de sólidos for mantido fixo. Como o parâmetro α' representa a nitidez de separação, ele deveria variar de acordo com as condições de processo, entretanto, o modelo individualiza variáveis operacionais precisamente para reduzir sua influência na estimativa dos parâmetros do modelo.

Hatch & Mular apresentaram diferentes parâmetro em seu modelo [9], com α regendo a nitidez de separação e *by-pass*, enquanto x_{50} determina a classe de tamanho em que 50% das partículas reportam para o *oversize*. Neste caso, apenas α tem sua análise apresentada na figura 3.8, uma vez que x_{50} é inerentemente dependente da condição de processo.

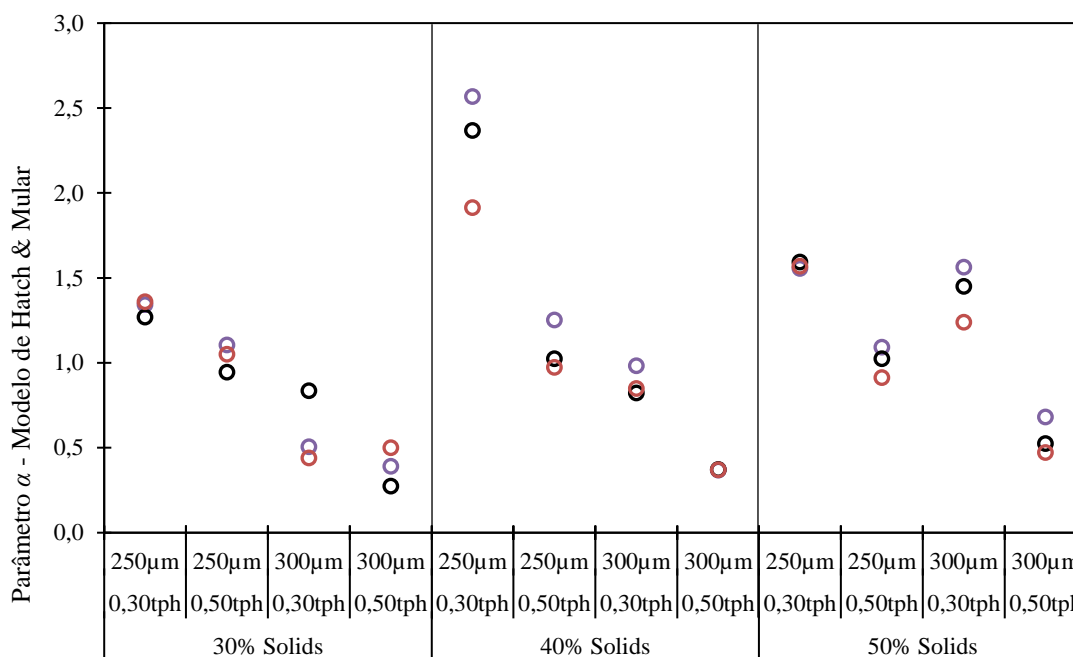


Figura 3.8 – Variação do parâmetro α de Hatch & Mular [9] de acordo com a condição de processo em triplicata.

De acordo com a variação apresentada pelo parâmetro α com as modificações de processo testadas, o modelo de Hatch & Mular [9] apresentaria baixa exatidão para simulações, uma vez que há diferenças relativamente altas para os valores, independente da condição avaliada. Esse parâmetro decresce com o aumento da taxa de alimentação e abertura da tela, fato conflitante do ponto de vista de processo. Não há uma clara correlação entre percentual de sólidos e o valor de α , apesar de ter apresentado independência para algumas condições testadas.

Tal resultado é esperado para esse modelo, uma vez que foi estabelecido apenas empiricamente e combina diversas condições de processo para serem descritos por dois parâmetros sem individualizar nenhuma variável de processo. Portanto, caso uma simulação seja necessária, o uso do modelo de Hatch & Mular [9] é recomendado apenas para quando os parâmetros foram estimados exatamente para as condições a

serem avaliadas, com testes dedicados, condição fundamental para atingir uma exatidão aceitável.

3.6 Conclusões e Recomendações

A peneira de alta frequência de laboratório foi desenvolvida com características que permitem a avaliação de um processo industrial em escala reduzida, avaliando variações de condições de processo e área de peneiramento. Considerando este desenvolvimento, agora é possível modelar o processo de peneiramento com amostras de no mínimo 30kg, podendo chegar até a 100kg para o caso de uma avaliação completa dos principais parâmetros de peneiramento.

Adicionalmente, testes foram realizados em processo contínuo na peneira de laboratório, gerando um banco de dados analisados segundo os modelos de Mwale [8] e Hatch & Mular [9], selecionados pela revisão e análise comparativa realizada por Moraes, Galery e Mazzinghy [3].

Primeiramente, estes modelos foram comparados segundo sua exatidão e precisão para descrição dos dados experimentais. O modelo de Mwale [8] apresentou maior precisão e exatidão. Já o modelo de Hatch & Mular [9], apesar de pior comparativamente, apresentou resultados satisfatórios para o modelamento. Este último modelo apresentou uma boa descrição para a porção fina da curva de partição, tanto na porção linear quanto na região de *by-pass*.

Por fim, cada modelo teve seus parâmetros avaliados segundo sua sensibilidade a variações das condições de processo (concentração de sólidos, taxa de alimentação e abertura da tela).

O parâmetro K do modelo de Mwale [8] apresentou baixa variação e boa relação com o entendimento fenomenológico do processo, aumentando com a concentração de sólidos e taxa de alimentação e reduzindo com maior abertura. Já o parâmetro α' , deste mesmo modelo, apresentou ainda menor sensibilidade as variações do processo, aumentando apenas levemente com o aumento do percentual de sólidos.

Em contraste, o parâmetro α do modelo de Hatch & Mular [9] não apenas apresentou variação consideravelmente maior com as variáveis de processo, mas também não seguiu as tendências esperadas em uma explanação fenomenológica. Esses resultados são esperados, uma vez que este modelo combina diversas respostas do processo em um único parâmetro descritivo.

Portanto, de acordo com esses resultados, o modelo de Mwale [8] é a melhor opção para modelamento e simulação entre os disponíveis para peneiras de alta frequência, uma vez que apresenta menor sensibilidade as variáveis de processo e boa precisão e exatidão para descrição de dados experimentais.

Como próximos passos a essa avaliação, é recomendada uma comparação entre resultados da peneira de laboratório e o processo industrial, encontrando parâmetros de correlação e desenvolvendo uma metodologia para o escalonamento dos resultados obtidos na peneira de alta frequência de laboratório.

3.7 Referências

[1] Mazzinghy, DB, Schneider, CL, Alves, VK, Galery, R, 2015, "Vertical agitated media mill scale-up and simulation", *Minerals Engineering*, 73, pp. 69-76.

- [2] Mobote, S, 2016, "Development of a wet fine screen model integrating the effect of operating and design variables on screening performance", University of Cape Town, Cape Town, South Africa.
- [3] Moraes, MN, Galery, R., Mazzinghy, DB, 2021, "A review of process models for wet fine classification with high frequency screens", *Powder Technology*, 394, pp. 525-532.
- [4] Honglin, Z, 2002, "The application practice of derrick high frequency vibrating fine screens in mineral classification and dewatering", *Metal Mine*, 7.
- [5] Chernova, EV, Chernov, DV, 2017, "Current status and application of fine screening technology in China" *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 87.
- [6] Guerreiro, FS, Gedraite, R, Ataide, CH, 2016, "Residual moisture content and separation efficiency optimization in pilot-scale vibrating screen", *Powder Technology*, 287, pp. 301-307.
- [7] Moraes, MN, Neto, PB, Brandao, PRG, 2019, "Increasing the productivity in a magnesite pilot plant combining open ball mill circuit and high frequency screener", *Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração*, 16, 121-128.
- [8] Mwale, AN, Mainza, AN, Bepswa, PA, Simukanga, S, Masinja, J, 2016, "Model for fine wet screening", *XXVIII IMPC Proceedings*, ISBN: 978-1-926872-29-2.
- [9] Hatch, CC, Mular, AL, 1978, "Digital simulation of a secondary crushing plant", *General Meeting of CIM, Vancouver, Canada*.
- [10] Valine, SB, Wheeler, JE, Albuquerque, LG, 2009, "Fine sizing with the Derrick stack sizer screen", *Recent advances in mineral processing plant design*, pp. 433-443.

[12] Bibby, J, Toutenburg, H, 1977, "Prediction and improved estimation in linear models", John Wiley&Sons, Berlin, Germany.

[13] Tedeschi, LO, 2004, "Assessment of the Adequacy of Mathematical Models", Workshop on Mathematical Model Analysis and Evaluation, Sassari, Italy.

4. CONCLUSÕES GERAIS

O estudo apresentou uma revisão dos modelos de peneiramento, em especial aqueles aplicáveis a peneiras de alta frequência. Foram descritos os modelos iniciais, como Gaudin [1] e Miwa [2], que se baseiam em funções probabilísticas para estimar a partição de massa. Apesar de importantes historicamente, baseando os modelos posteriores, não podem ser aplicados a peneiramentos com telas finas à úmido.

O modelo de Whiten [3], ainda para peneiramento a seco, trouxe uma abordagem mais próxima do processo, incluindo algumas variáveis operacionais, enquanto Ferrara & Preti [4,5] abordou o peneiramento a úmido com uma análise cinética. Ambos promoveram evoluções nos modelos vigentes e inspiraram novos desenvolvimentos, mas ainda não são adequados para o modelamento de peneiras de alta frequência.

Os modelos de Hatch & Mular [6], Rogers [7] e Batterham et al. [8] são os primeiros modelos, empíricos, com aplicabilidade ao peneiramento de alta frequência. Já Mwale [9] é o desenvolvimento mais recente, específico para peneiramento fino a úmido em alta frequência, com uma abordagem empírica com base em princípios cinéticos e fenomenológicos.

Utilizando de uma base de dados da literatura [10], esses modelos foram comparados quanto a sua exatidão e precisão para descrever os dados experimentais. Todos os quatro apresentaram resultados satisfatórios de aderência, sendo Mwale [9] o melhor compromisso entre simplicidade de aplicação, aderência aos dados experimentais e potencial para ser utilizado para simulação. Além deste último, o modelo de Hatch & Mular [6] também foi escolhido para as avaliações posteriores, pela sua simplicidade

de aplicação e boa aderência. O modelo de Batterham et al. [8], apesar de ser o modelo com a melhor aderência aos dados experimentais, tem soluções únicas para cada condição de processo, praticamente inviabilizando sua utilização para simulação de processo, por esse motivo não utilizado nas análises seguintes.

Seguindo esse primeiro filtro entre os modelos de peneiramento, foi desenvolvida uma peneira de alta frequência em escala de laboratório para testes contínuos. A peneira foi concebida para receber a tela especial do equipamento industrial [11,12,13], um sistema de alimentação para garantir menor turbulência e melhor dispersão da polpa ao longo da tela, e a adaptação a um módulo de vibração disponível comercialmente, facilitando a replica para estudos adicionais.

Testes realizados nesta peneira foram então utilizados para uma comparação dos modelos de Mwale [9] e Hatch & Mular [6], partindo de uma amostra de minério de magnesita e variando taxa de alimentação, percentual de sólidos e abertura.

Quanto a exatidão e precisão, os resultados confirmaram o observado na avaliação com os dados de Mabote [10], com Mwale [9] apresentando melhores resultados, mas Hatch & Mular [6] com respostas aceitáveis. A análise seguinte apresentou a sensibilidade dos parâmetros de cada modelo as variações do processo.

O parâmetro K de Mwale [9] apresentou baixa variabilidade, seguindo as tendências fenomenológicas, enquanto o parâmetro α' mostrou ainda menor variação, praticamente sem mudanças para diferentes aberturas e taxas, com leve aumento para maiores percentuais de sólidos. Por outro lado, o parâmetro α de Hatch & Mular [6] apresentou considerável variação, sem seguir tendências fenomenológicas.

Portanto, além de melhor para a descrição de dados experimentais, o modelo de Mwale [9] também apresentou maior estabilidade dos valores de parâmetros do

modelo com modificações nas variáveis de processo, indicando uma maior exatidão caso utilizado para simulações.

Por fim, é necessário ainda a realização de testes adicionais comparativos com uma peneira industrial, para determinação dos fatores de escalonamento e, caso necessário, modificadores para os modelos. Apesar de parte fundamental deste desenvolvimento, não foi possível incluir no escopo desta tese por restrições impostas pela pandemia de COVID-19.

4.1 Referências

- [1] Gaudin, AM, 1939, "Principles of mineral dressing", McGraw Hill, New York, USA.
- [2] Miwa, S, 1960, "Proposal of a new index for expressing the performance of screens", Kagaku Kogaku, 24, pp. 150-155.
- [3] Whiten, WJ, 1972, "Simulation and model building for mineral processing", University of Queensland, Brisbane, Australia.
- [4] Ferrara, G, Preti, U, 1975, "A contribution to screening kinetics", 11th International Minerals Processing Congress. Università di Cagliari, Cagliari, pp. 1-35.
- [5] Ferrara, G, Preti, U, Schena, GD, 1987, "Modelling of screening operations", International Journal of Mineral Processing, 22, pp. 193-222.
- [6] Hatch, CC, Mular, AL, 1978, "Digital simulation of a secondary crushing plant", General Meeting of CIM, Vancouver, Canada.

- [7] Rogers, RSC, 1982, "A classification function for vibrating screens", *Powder Technology*, 31, pp. 135-137.
- [8] Batterham, RJ, Weller, KR, Norgate, TE, Birkett, CJ, 1980, "Screen performance and modelling with special reference to iron-ore crushing plants", *European Symposium on Particle Technology*, Amsterdam, Netherlands, pp. 1-16.
- [9] Mwale, AN, 2015, "A mathematical model for predicting classification performance in wet fine screens", University of Cape Town, Cape Town, South Africa.
- [10] Mobote, S, 2016, "Development of a wet fine screen model integrating the effect of operating and design variables on screening performance", University of Cape Town, Cape Town, South Africa.
- [11] Guerreiro, FS, Gedraite, R, Ataide, CH, 2016, "Residual moisture content and separation efficiency optimization in pilot-scale vibrating screen", *Powder Technology*, 287, pp. 301-307.
- [12] Honglin, Z, 2002, "The application practice of derrick high frequency vibrating fine screens in mineral classification and dewatering", *Metal Mine*, 7.
- [13] Chernova, EV, Chernov, DV, 2017, "Current status and application of fine screening technology in China" *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 87.

5. CONTRIBUIÇÕES ORIGINAIS PARA O CONHECIMENTO

A tese apresenta contribuições para lacunas presentes na literatura e recursos para testes. O primeiro ponto explorado sem predecessores é uma análise quantitativa de precisão e exatidão de diferentes modelos aplicáveis a um banco de dados robusto, buscando a comparação de qualidade para descrição de dados experimentais. Apesar de poucos trabalhos fazerem uma revisão tão extensa sobre os modelos disponíveis como apresentada nesta tese, nenhum deles faz tal análise comparativa.

Além da comparação de diferentes modelos, um dispositivo de laboratório foi desenvolvido com características semelhantes ao equipamento industrial, e utilizando da tela especial para peneiramento fino. Esse equipamento de laboratório, para testes contínuos com pequenas amostras, não é disponível comercialmente, sendo os testes realizados até então em escala real, limitando sua aplicação. Por fim, essa peneira foi desenvolvida de forma a ser facilmente replicável, facilitando novas pesquisas.

A última análise original tomou como base os resultados de testes realizados na peneira desenvolvida. Além de apresentar a comparação de exatidão e precisão para modelos, utilizando um equipamento e minério distinto, é apresentada uma análise qualitativa da qualidade de simulação esperada para modelos. Essa avaliação, baseada na variabilidade de parâmetros do modelo quando alteradas condições de processo, também não é encontrada na literatura, sendo os estudos anteriores focados na qualidade do modelamento em detrimento da aplicabilidade para simulação.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Seguindo este estudo, alguns tópicos são sugeridos para aprimoramento operacional da peneira de laboratório e sua utilização para o escalonamento ao processo industrial.

Para o projeto da peneira de alta frequência, alguns pontos de melhoria são sugeridos para aprimorar sua operação. Melhorias no sistema de alimentação de polpa foram identificadas, buscando reduzir a velocidade de fluxo e possibilitar restringir o fluxo quando a largura da tela for variada. O segundo ponto de melhoria é a substituição das molas da peneira por coxins, buscando reduzir a amplitude de movimento, se aproximando do projeto industrial. Por fim, pequenas melhorias nos pontos de amostragem para tornar o processo mais ergonômico aos operadores foram notadas, otimizando as condições para campanhas mais longas de testes.

Além dos desenvolvimentos na instalação da peneira, novos testes são sugeridos, especialmente para comparação com o processo industrial e desenvolvimento de um processo de escalonamento. O primeiro passo seria realizar campanhas de amostragens na planta industrial escolhida como caso base para este processo, gerando o banco de dados para servir como referência. Em seguida, amostras da alimentação da peneira industrial devem ser enviadas para testes na peneira piloto, garantindo a análise comparativa com amostras de uma mesma população. Por fim, ensaios na peneira de laboratório deveriam ser realizados, variando as condições de processo para gerar um banco de dados robusto para as comparações.

Com base nos resultados obtidos, os modelos de peneiramento disponíveis (em especial o modelo de Mwale [33]) deveriam ser aplicados e então buscadas

constantes de escalonamento, associadas aos parâmetros dos modelos, para basear o desenvolvimento da metodologia. Com estas constantes definidas, poderia ser desenvolvida uma metodologia para tal escalonamento, definindo os testes e medições essenciais para a correlação, reduzindo a quantidade de testes para trabalhos futuros. Por fim, com base nesta comparação e metodologia de escalonamento, um novo modelo poderia ser desenvolvido, buscando melhorar a capacidade de simulação, pois o desenvolvimento de Mwale [33], apesar das qualidades, ainda tem abertura a aprimoramentos, especialmente partindo de testes em escala reduzida.

LISTA DE PUBLICAÇÕES

Moraes, MN, Galery, R., Mazzinghy, DB, 2021, "A review of process models for wet fine classification with high frequency screens", Powder Technology, 394, pp. 525-532.

<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2021.08.078>

Moraes, MN, Nogueira, G.G.R., Galery, R., Mazzinghy, DB, 2022, "Testing a new laboratory-scale high-frequency screen for continuous trials with smaller samples", Powder Technology, 401, 1-6.

<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2022.117286>

ANEXO I – Resultados dos Ensaaios descritos no Capítulo 2

Teste 1 – Abertura 45 μ m, %Sólidos 19,4% e taxa de alimentação 8,9tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,96	99,90	100,00	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00
425	99,87	99,70	100,00	100,00	99,99	99,70	100,00	100,00	99,70	100,00	100,00	99,70	100,00	100,00	99,69	100,00
300	99,52	98,90	100,00	100,00	99,95	98,89	100,00	100,00	98,91	100,00	100,00	98,89	100,00	100,00	98,87	100,00
212	98,50	96,58	100,00	100,00	99,85	96,56	100,00	100,00	96,60	100,00	100,00	96,57	100,00	100,00	96,50	100,00
150	96,58	92,23	100,00	100,00	99,53	92,18	99,98	100,00	92,27	100,00	100,00	92,18	100,00	100,00	92,03	100,00
106	95,51	89,79	100,00	100,00	98,55	89,76	99,95	100,00	89,85	100,00	100,00	89,74	100,00	99,75	89,55	100,00
75	88,20	73,44	99,80	98,47	95,62	73,73	99,39	100,00	73,34	100,00	99,24	73,17	99,90	96,39	73,14	99,53
53	76,67	48,77	98,62	94,26	87,22	50,68	96,78	95,84	48,39	99,14	81,90	51,62	96,19	80,69	51,49	95,63
38	66,31	36,11	90,06	53,76	66,97	34,76	90,70	53,77	35,80	90,54	53,42	38,97	87,60	55,29	38,15	87,51
25	54,91	29,46	74,92	25,68	24,13	28,45	75,37	25,06	29,35	75,21	32,83	30,43	73,98	31,68	29,74	73,86
20	47,50	25,87	64,52	21,33	12,68	26,30	63,90	20,79	25,87	64,69	26,44	25,95	64,29	23,41	25,71	63,92
15	40,09	22,71	53,76	18,75	14,76	23,79	52,70	18,47	22,78	53,84	20,39	22,50	53,79	17,12	22,75	53,15
10	32,70	19,99	42,69	16,21	21,30	20,18	42,38	17,36	19,88	42,88	14,26	20,10	42,52	13,14	20,49	41,89
1	0,00	0,00	0,00	26,91	26,91	0,00	0,00	26,91	0,00	0,00	26,91	0,00	0,00	26,91	0,00	0,00

Teste 2 – Abertura 45 μ m, %Sólidos 19,6% e taxa de alimentação 10,4tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,98	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,95	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,95	99,90	100,00	100,00	99,90	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,89	100,00	100,00	99,90	100,00
425	99,86	99,70	100,00	100,00	99,79	99,69	100,00	100,00	99,70	100,00	100,00	99,68	100,00	100,00	99,70	100,00
300	99,49	98,93	100,00	100,00	99,54	98,91	100,00	100,00	98,94	100,00	100,00	98,88	100,00	100,00	98,92	100,00
212	98,43	96,70	100,00	100,00	99,00	96,63	99,98	100,00	96,71	100,00	100,00	96,54	100,00	100,00	96,67	100,00
150	96,49	92,61	100,00	100,00	97,87	92,51	99,90	100,00	92,63	100,00	100,00	92,25	100,00	100,00	92,54	100,00
106	95,47	90,45	100,00	100,00	95,57	90,38	99,82	100,00	90,46	100,00	100,00	89,97	100,00	99,96	90,35	100,00
75	89,24	77,43	99,90	99,16	91,10	78,07	98,79	100,00	77,36	100,00	99,51	76,26	99,94	98,84	77,25	99,86
53	77,71	54,23	98,91	95,49	82,52	57,43	95,05	98,22	53,54	99,61	84,73	54,66	96,73	89,12	55,39	97,50
38	65,17	37,77	89,92	62,33	67,82	38,98	87,56	64,77	36,46	91,19	56,54	38,98	86,78	64,68	38,14	89,14
25	53,46	28,96	75,59	35,69	40,07	28,80	74,54	30,79	28,88	75,74	34,92	29,94	72,87	37,30	28,84	75,28
20	45,75	24,58	64,87	26,96	26,20	24,42	63,99	25,24	24,79	64,75	28,17	25,14	62,76	27,70	24,30	64,77
15	37,35	20,19	52,85	24,81	17,41	21,24	51,13	22,22	20,86	52,30	21,77	21,09	50,77	20,82	20,58	52,22
10	30,41	17,86	41,75	15,93	18,95	18,39	40,69	20,77	17,83	41,82	15,28	18,75	40,04	17,25	18,04	41,39
1	0,00	0,00	0,00	27,88	27,88	0,00	0,00	27,88	0,00	0,00	27,88	0,00	0,00	27,88	0,00	0,00

Teste 3 – Abertura 45 μ m, %Sólidos 10,5% e taxa de alimentação 9,5tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,91	99,80	100,00	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00
425	99,55	99,00	100,00	100,00	99,99	98,99	100,00	100,00	98,99	100,00	100,00	98,98	100,00	100,00	98,98	100,00
300	99,14	98,09	100,00	100,00	99,98	98,07	100,00	100,00	98,08	100,00	100,00	98,07	100,00	100,00	98,07	100,00
212	97,96	95,47	100,00	100,00	99,93	95,42	100,00	100,00	95,44	100,00	100,00	95,40	100,00	100,00	95,40	100,00
150	95,56	90,14	100,00	100,00	99,74	90,05	99,99	100,00	90,08	100,00	100,00	90,00	100,00	100,00	90,00	100,00
106	94,79	88,43	100,00	100,00	99,14	88,34	99,98	100,00	88,35	100,00	100,00	88,26	100,00	99,96	88,27	100,00
75	91,58	81,29	100,00	100,00	97,18	81,32	99,81	100,00	81,15	100,00	99,97	81,02	100,00	98,83	81,11	99,93
53	81,80	59,56	100,00	100,00	91,02	61,32	98,23	98,00	59,71	99,65	93,49	60,41	98,85	89,09	61,48	98,01
38	69,79	42,18	92,40	65,19	74,10	41,35	92,62	64,20	42,48	91,88	63,97	43,11	91,08	64,67	43,99	90,39
25	55,97	33,12	74,68	29,51	30,33	31,94	75,26	31,07	32,87	74,65	35,93	31,91	75,16	37,33	32,36	74,81
20	48,77	28,96	64,99	26,00	15,90	29,37	64,35	25,64	28,74	64,97	28,01	27,37	65,84	27,75	27,86	65,46
15	41,30	25,24	54,46	22,44	18,44	26,27	53,37	22,66	24,95	54,52	21,11	23,82	55,25	20,87	24,35	54,83
10	32,48	20,62	42,20	23,56	27,38	20,85	41,82	21,23	20,77	41,96	14,58	20,92	41,71	17,31	20,91	41,72
1	0,00	0,00	0,00	28,58	28,58	0,00	0,00	28,58	0,00	0,00	28,58	0,00	0,00	28,58	0,00	0,00

Teste 4 – Abertura 45 μ m, %Sólidos 25,3% e taxa de alimentação 10,4tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,95	99,90	100,00	100,00	99,98	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00
425	99,58	99,20	100,00	100,00	99,94	99,19	100,00	100,00	99,20	100,00	100,00	99,19	100,00	100,00	99,20	100,00
300	99,18	98,41	100,00	100,00	99,85	98,40	100,00	100,00	98,42	100,00	100,00	98,40	100,00	100,00	98,42	100,00
212	98,07	96,27	100,00	100,00	99,62	96,24	99,99	100,00	96,29	100,00	100,00	96,24	100,00	100,00	96,28	100,00
150	95,98	92,24	100,00	100,00	99,06	92,21	99,95	100,00	92,28	100,00	100,00	92,18	100,00	100,00	92,26	100,00
106	94,01	88,44	100,00	100,00	97,72	88,46	99,86	100,00	88,49	100,00	100,00	88,35	100,00	100,00	88,47	100,00
75	89,29	79,53	99,80	97,94	94,76	79,75	99,35	100,00	79,44	100,00	99,96	79,19	100,00	99,85	79,40	99,98
53	79,78	61,93	98,99	95,92	88,18	63,40	97,04	98,89	61,37	99,78	94,34	61,74	98,89	95,84	61,86	99,16
38	67,88	44,82	92,69	74,52	74,73	46,06	90,86	73,90	44,48	93,30	71,00	45,31	91,78	73,84	44,94	92,68
25	55,30	35,03	77,12	40,36	44,76	35,09	76,59	40,13	34,79	77,58	45,39	34,21	77,64	41,68	34,85	77,41
20	48,23	30,52	67,31	33,16	30,21	30,93	66,46	33,63	30,23	67,80	36,90	29,14	68,45	32,17	30,48	67,43
15	41,76	27,01	57,63	28,02	25,42	27,72	56,54	29,95	26,50	58,33	28,86	25,51	58,96	27,98	26,99	57,72
10	32,73	21,72	44,58	30,40	32,83	21,95	44,09	28,15	21,62	44,80	20,62	21,89	44,21	30,59	21,68	44,68
1	0,00	0,00	0,00	34,41	34,41	0,00	0,00	34,41	0,00	0,00	34,41	0,00	0,00	34,41	0,00	0,00

Teste 5 – Abertura 45 μ m, %Sólidos 28,9% e taxa de alimentação 15,6tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,95	99,90	100,00	100,00	99,97	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00
425	99,65	99,30	100,00	100,00	99,93	99,29	100,00	100,00	99,30	100,00	100,00	99,28	100,00	100,00	99,30	100,00
300	99,24	98,48	100,00	100,00	99,83	98,48	100,00	100,00	98,48	100,00	100,00	98,45	100,00	100,00	98,48	100,00
212	98,00	96,01	100,00	100,00	99,59	96,01	99,99	100,00	96,02	100,00	100,00	95,94	100,00	100,00	96,01	100,00
150	95,45	90,93	100,00	100,00	99,01	90,95	99,94	100,00	90,94	100,00	100,00	90,76	100,00	100,00	90,92	100,00
106	95,11	90,26	100,00	100,00	97,69	90,29	99,92	100,00	90,27	100,00	100,00	90,07	100,00	100,00	90,25	100,00
75	92,02	84,09	100,00	100,00	94,86	84,42	99,60	100,00	84,11	100,00	99,96	83,79	100,00	99,83	84,09	99,99
53	84,92	70,24	99,70	97,87	88,75	71,80	98,01	99,25	70,07	99,89	94,34	70,18	99,21	95,92	70,50	99,41
38	71,30	49,96	92,77	74,65	76,42	50,95	91,59	76,40	49,34	93,44	71,00	50,53	91,43	75,53	49,97	92,73
25	58,95	39,28	78,74	43,39	48,12	39,04	78,80	40,70	39,33	78,73	45,39	39,14	78,15	44,00	39,12	78,87
20	51,47	33,95	69,08	35,68	32,64	34,15	68,73	33,67	34,31	68,76	36,90	33,53	68,85	33,62	34,10	68,91
15	44,38	30,23	58,63	26,37	24,51	30,68	58,05	29,72	30,12	58,77	28,86	29,38	58,93	27,80	30,18	58,66
10	35,18	25,05	45,38	28,27	29,94	25,16	45,18	27,80	25,02	45,43	20,62	25,52	44,55	27,83	25,07	45,35
1	0,00	0,00	0,00	35,70	35,70	0,00	0,00	35,70	0,00	0,00	35,70	0,00	0,00	35,70	0,00	0,00

Teste 6 – Abertura 45 μ m, %Sólidos 29,7% e taxa de alimentação 17,9tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,83	99,70	100,00	100,00	99,98	99,70	100,00	100,00	99,70	100,00	100,00	99,70	100,00	100,00	99,70	100,00
425	99,20	98,59	100,00	100,00	99,95	98,58	100,00	100,00	98,59	100,00	100,00	98,58	100,00	100,00	98,59	100,00
300	98,82	97,91	100,00	100,00	99,88	97,89	100,00	100,00	97,90	100,00	100,00	97,89	100,00	100,00	97,90	100,00
212	97,58	95,73	100,00	100,00	99,70	95,69	99,99	100,00	95,72	100,00	100,00	95,69	100,00	100,00	95,72	100,00
150	95,00	91,16	100,00	100,00	99,25	91,11	99,95	100,00	91,15	100,00	100,00	91,08	100,00	100,00	91,14	100,00
106	94,47	90,23	100,00	100,00	98,25	90,17	99,93	100,00	90,21	100,00	100,00	90,14	100,00	100,00	90,20	100,00
75	90,69	83,54	100,00	100,00	96,17	83,67	99,60	100,00	83,51	100,00	99,99	83,39	100,00	99,95	83,50	100,00
53	82,87	69,86	99,80	98,88	91,73	70,83	98,13	99,73	69,69	99,95	97,21	69,82	99,50	98,14	69,88	99,66
38	71,32	52,70	95,56	84,05	82,17	53,86	93,46	85,39	52,22	96,08	80,50	53,23	94,38	84,05	52,68	95,44
25	56,84	38,84	80,26	54,11	57,26	39,03	79,42	50,99	39,13	79,78	56,16	38,72	79,94	53,37	38,97	79,95
20	50,26	34,15	71,23	40,30	41,62	34,14	70,71	42,66	34,16	71,13	46,97	33,21	72,01	42,20	34,05	71,23
15	41,79	28,48	59,11	37,82	31,96	29,30	57,64	37,77	28,49	59,02	37,81	27,49	60,02	35,93	28,65	58,78
10	32,66	22,73	45,57	35,60	38,59	22,99	44,92	35,35	22,77	45,46	27,92	22,94	45,04	36,19	22,79	45,42
1	0,00	0,00	0,00	39,36	39,36	0,00	0,00	39,36	0,00	0,00	39,36	0,00	0,00	39,36	0,00	0,00

Teste 7 – Abertura 45 μ m, %Sólidos 36,2% e taxa de alimentação 8,2tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,82	99,70	100,00	100,00	99,99	99,70	100,00	100,00	99,70	100,00	100,00	99,70	100,00	100,00	99,70	100,00
425	98,81	97,99	100,00	100,00	99,97	97,97	100,00	100,00	98,00	100,00	100,00	97,98	100,00	100,00	98,00	100,00
300	98,49	97,45	100,00	100,00	99,92	97,42	100,00	100,00	97,45	100,00	100,00	97,42	100,00	100,00	97,45	100,00
212	97,49	95,75	100,00	100,00	99,78	95,71	99,99	100,00	95,76	100,00	100,00	95,72	100,00	100,00	95,76	100,00
150	95,08	91,67	100,00	100,00	99,42	91,61	99,96	100,00	91,69	100,00	100,00	91,59	100,00	100,00	91,69	100,00
106	90,59	84,08	100,00	100,00	98,55	84,05	99,80	100,00	84,12	100,00	100,00	83,94	100,00	100,00	84,12	100,00
75	85,12	74,82	100,00	100,00	96,63	75,01	99,36	100,00	74,88	100,00	99,99	74,60	100,00	99,98	74,89	100,00
53	75,57	59,23	99,20	96,56	92,28	59,95	97,58	99,78	58,80	99,95	97,47	58,72	99,42	98,69	58,99	99,69
38	65,29	44,45	95,40	84,89	82,41	45,45	93,22	85,70	43,92	96,34	80,23	44,63	94,51	85,11	44,21	95,93
25	53,76	34,19	82,03	52,60	55,65	34,48	80,91	49,76	34,23	82,13	54,54	33,90	81,85	51,56	34,18	82,23
20	46,87	29,64	71,77	39,07	39,06	29,88	70,80	41,11	29,45	72,18	45,11	28,60	72,72	39,82	29,55	72,05
15	39,76	25,56	60,27	33,91	30,34	26,19	58,86	36,09	25,12	61,03	35,93	24,24	61,71	33,99	25,47	60,53
10	30,52	19,92	45,85	36,08	38,36	20,13	45,16	33,62	19,88	45,99	26,26	20,10	45,28	35,90	19,87	46,01
1	0,00	0,00	0,00	38,57	38,57	0,00	0,00	38,57	0,00	0,00	38,57	0,00	0,00	38,57	0,00	0,00

Teste 8 – Abertura 45 μ m, %Sólidos 41,5% e taxa de alimentação 12,7tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,98	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,94	99,90	100,00	100,00	99,95	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00
300	99,60	99,38	100,00	100,00	99,87	99,37	100,00	100,00	99,38	100,00	100,00	99,37	100,00	100,00	99,38	100,00
212	98,60	97,80	100,00	100,00	99,69	97,78	99,99	100,00	97,81	100,00	100,00	97,79	100,00	100,00	97,80	100,00
150	96,26	94,10	100,00	100,00	99,27	94,08	99,94	100,00	94,13	100,00	100,00	94,08	100,00	100,00	94,10	100,00
106	93,58	89,87	100,00	100,00	98,38	89,88	99,83	100,00	89,92	100,00	100,00	89,83	100,00	100,00	89,88	100,00
75	87,24	79,88	100,00	100,00	96,71	80,13	99,27	100,00	79,98	100,00	100,00	79,80	100,00	99,97	79,89	99,99
53	77,94	65,45	99,60	98,42	93,36	66,31	97,61	99,96	65,40	99,99	98,61	65,29	99,65	98,87	65,41	99,71
38	66,27	49,15	95,93	88,51	86,06	50,32	93,23	92,97	48,38	97,73	85,88	49,42	95,17	89,08	49,02	96,22
25	51,62	34,87	80,66	61,86	65,34	35,09	79,56	58,90	34,84	81,12	62,29	34,98	80,17	61,29	34,87	80,70
20	44,12	29,04	70,25	49,24	50,19	29,10	69,51	48,21	29,17	70,40	52,66	28,73	70,52	48,98	29,08	70,23
15	36,26	24,11	57,34	39,85	36,67	24,52	56,12	41,74	24,02	57,78	42,91	23,39	58,35	40,61	24,05	57,47
10	27,75	18,98	42,95	38,19	39,57	19,16	42,28	38,51	18,88	43,34	32,20	19,05	42,67	37,87	18,97	42,99
1	0,00	0,00	0,00	43,38	43,38	0,00	0,00	43,38	0,00	0,00	43,38	0,00	0,00	43,38	0,00	0,00

Teste 9 – Abertura 45 μ m, %Sólidos 36,1% e taxa de alimentação 23,7tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,98	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,86	99,80	100,00	100,00	99,94	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00
300	99,53	99,32	100,00	100,00	99,87	99,32	100,00	100,00	99,33	100,00	100,00	99,32	100,00	100,00	99,32	100,00
212	98,52	97,87	100,00	100,00	99,70	97,87	99,99	100,00	97,90	100,00	100,00	97,87	100,00	100,00	97,88	100,00
150	95,94	94,16	100,00	100,00	99,34	94,17	99,93	100,00	94,24	100,00	100,00	94,16	100,00	100,00	94,18	100,00
106	92,67	89,45	100,00	100,00	98,69	89,51	99,79	100,00	89,60	100,00	100,00	89,45	100,00	100,00	89,49	100,00
75	87,91	82,58	100,00	100,00	97,80	82,78	99,45	100,00	82,84	100,00	100,00	82,59	100,00	99,99	82,65	100,00
53	80,31	71,82	99,60	98,38	96,43	72,20	98,57	100,00	72,06	100,00	99,75	71,68	99,94	99,54	71,80	99,88
38	68,46	56,15	96,39	91,74	92,95	56,28	95,86	99,59	55,30	99,84	94,13	55,61	97,66	95,37	55,58	98,07
25	57,44	43,39	89,32	80,37	79,88	43,57	88,65	80,48	42,71	92,56	76,12	43,53	89,05	77,73	43,29	89,97
20	50,68	36,94	81,86	66,22	67,75	36,96	81,57	65,09	36,47	84,57	66,90	37,02	81,73	65,87	36,90	82,37
15	43,72	31,62	71,18	53,07	51,94	31,74	70,70	53,54	31,18	73,63	56,84	31,33	71,90	54,81	31,43	72,00
10	35,07	25,75	56,23	47,16	47,40	25,81	55,91	47,37	25,37	58,22	44,95	25,73	56,30	46,59	25,64	56,75
1	0,00	0,00	0,00	50,96	50,96	0,00	0,00	50,96	0,00	0,00	50,96	0,00	0,00	50,96	0,00	0,00

Teste 10 – Abertura 45µm, %Sólidos 40,3% e taxa de alimentação 11,3tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,94	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,92	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,85	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,86	99,90	100,00	100,00	99,72	99,82	100,00	100,00	99,82	100,00	100,00	99,82	100,00	100,00	99,82	100,00
300	99,53	99,46	100,00	100,00	99,47	99,38	99,99	100,00	99,38	100,00	100,00	99,38	100,00	100,00	99,38	100,00
212	98,52	98,11	100,00	100,00	99,01	98,05	99,95	100,00	98,06	100,00	100,00	98,04	100,00	100,00	98,05	100,00
150	95,94	95,39	100,00	100,00	98,27	94,69	99,77	100,00	94,69	100,00	100,00	94,63	100,00	100,00	94,67	100,00
106	92,67	89,52	100,00	100,00	97,42	90,47	99,43	100,00	90,41	100,00	100,00	90,31	100,00	100,00	90,36	100,00
75	87,91	83,33	100,00	100,00	96,86	84,34	98,82	100,00	84,18	100,00	100,00	84,00	100,00	99,99	84,10	100,00
53	80,31	75,06	99,60	98,39	96,37	74,63	97,70	100,00	74,24	100,00	99,60	73,99	99,88	99,72	74,14	99,91
38	68,46	62,14	96,63	92,85	94,48	59,76	95,05	99,97	58,73	99,99	94,93	59,10	97,42	97,18	58,98	98,52
25	57,44	47,60	88,40	84,02	86,45	47,12	88,99	91,01	45,61	95,78	82,72	47,04	89,62	85,13	46,64	91,68
20	50,68	41,66	83,25	77,46	78,76	40,06	83,17	76,58	38,84	89,07	76,12	40,24	83,01	75,69	39,92	84,83
15	43,72	34,79	74,32	69,61	66,97	33,87	73,85	62,23	33,18	77,92	68,14	33,97	73,93	66,00	33,88	74,96
10	35,07	27,35	56,47	55,38	55,65	27,48	58,27	53,68	27,10	60,92	57,38	27,40	58,82	58,34	27,24	59,92
1	0,00	0,00	0,00	59,05	59,05	0,00	0,00	59,05	0,00	0,00	59,05	0,00	0,00	59,05	0,00	0,00

Teste 11 – Abertura 45µm, %Sólidos 41,2% e taxa de alimentação 17,2tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,98	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,96	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,94	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,89	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,87	99,80	100,00	100,00	99,78	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00
300	99,54	99,28	100,00	100,00	99,55	99,28	100,00	100,00	99,30	100,00	100,00	99,28	100,00	100,00	99,29	100,00
212	98,54	97,72	100,00	100,00	99,09	97,73	99,97	100,00	97,77	100,00	100,00	97,73	100,00	100,00	97,74	100,00
150	95,99	93,74	100,00	100,00	98,25	93,81	99,85	100,00	93,89	100,00	100,00	93,78	100,00	100,00	93,81	100,00
106	91,42	86,72	99,80	98,42	96,91	86,87	99,46	100,00	86,93	100,00	100,00	86,69	100,00	100,00	86,76	100,00
75	84,05	75,54	99,20	97,07	95,01	75,89	98,44	100,00	75,68	100,00	99,95	75,24	99,99	99,82	75,38	99,96
53	74,29	61,38	97,28	92,93	91,95	61,83	96,27	99,98	60,81	99,99	96,66	60,60	99,07	97,52	60,69	99,27
38	65,10	48,90	93,93	86,92	86,08	49,43	92,73	95,16	47,48	98,70	84,61	48,53	95,10	87,75	48,23	96,08
25	53,88	36,90	84,12	68,54	71,14	36,93	83,79	66,10	36,18	87,65	67,50	36,78	84,85	67,54	36,54	85,75
20	48,50	31,91	78,03	59,35	60,09	31,86	77,84	55,46	31,63	80,67	59,86	31,78	78,78	57,58	31,75	79,27
15	41,45	26,48	68,10	49,32	47,12	26,66	67,54	48,67	26,40	70,16	51,17	26,18	69,10	49,02	26,41	69,07
10	32,17	20,50	52,97	41,34	41,92	20,57	52,65	45,19	20,01	55,38	40,31	20,38	53,54	42,86	20,27	54,04
1	0,00	0,00	0,00	40,80	40,80	0,00	0,00	40,80	0,00	0,00	40,80	0,00	0,00	40,80	0,00	0,00

Teste 12 – Abertura 45µm, %Sólidos 42,2% e taxa de alimentação 22,4tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,94	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,92	99,90	100,00	100,00	99,89	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00
300	99,59	99,47	100,00	100,00	99,80	99,46	100,00	100,00	99,47	100,00	100,00	99,47	100,00	100,00	99,47	100,00
212	98,58	98,15	100,00	100,00	99,65	98,15	99,98	100,00	98,18	100,00	100,00	98,17	100,00	100,00	98,18	100,00
150	96,21	95,07	100,00	100,00	99,37	95,08	99,92	100,00	95,14	100,00	100,00	95,11	100,00	100,00	95,13	100,00
106	93,78	91,91	100,00	100,00	98,87	91,94	99,80	100,00	92,03	100,00	100,00	91,97	100,00	100,00	92,00	100,00
75	88,00	84,44	99,80	99,20	97,99	84,54	99,31	100,00	84,61	100,00	100,00	84,51	100,00	100,00	84,56	100,00
53	79,42	73,43	99,30	98,64	96,43	73,74	98,00	100,00	73,61	100,00	100,00	73,44	100,00	99,96	73,52	99,99
38	69,76	61,47	97,26	95,11	93,83	61,90	95,46	100,00	61,23	100,00	99,04	61,08	99,59	99,15	61,19	99,62
25	57,13	47,15	90,23	87,12	87,92	47,39	88,94	95,44	45,77	97,38	88,48	46,65	93,13	90,58	46,47	94,28
20	51,34	40,98	85,69	81,83	82,91	41,12	84,72	82,58	39,63	92,79	80,08	40,66	88,01	80,49	40,46	89,21
15	44,02	34,03	77,17	73,00	73,77	34,07	76,53	65,84	33,46	81,45	69,98	34,05	78,28	68,35	34,03	78,84
10	33,95	26,77	57,76	55,37	54,79	26,87	57,10	54,83	26,38	60,79	57,66	26,56	59,36	58,25	26,48	59,99
1	0,00	0,00	0,00	60,58	60,58	0,00	0,00	60,58	0,00	0,00	60,58	0,00	0,00	60,58	0,00	0,00

Teste 13 – Abertura 45 μ m, %Sólidos 41,7 % e taxa de alimentação 29,2tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,95	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,92	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,84	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	100,00	100,00	100,00	100,00	99,73	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
300	99,69	99,57	100,00	100,00	99,56	99,57	100,00	100,00	99,58	100,00	100,00	99,58	100,00	100,00	99,58	100,00
212	98,75	98,26	100,00	100,00	99,26	98,27	99,97	100,00	98,30	100,00	100,00	98,28	100,00	100,00	98,29	100,00
150	96,25	94,81	100,00	100,00	98,78	94,83	99,86	100,00	94,90	100,00	100,00	94,85	100,00	100,00	94,88	100,00
106	92,37	89,52	99,80	98,55	97,97	89,55	99,58	100,00	89,63	100,00	100,00	89,54	100,00	100,00	89,59	100,00
75	85,79	80,61	99,29	97,86	96,65	80,69	98,80	100,00	80,69	100,00	100,00	80,51	100,00	100,00	80,60	100,00
53	77,20	69,12	98,28	96,73	94,49	69,40	97,12	100,00	69,02	100,00	99,88	68,75	99,96	99,84	68,90	99,95
38	67,71	56,84	96,02	93,42	91,18	57,35	94,15	99,96	56,13	99,99	96,47	56,18	98,72	97,85	56,22	99,18
25	56,09	43,30	89,42	84,23	84,32	43,72	87,67	90,17	41,89	95,66	83,19	42,92	91,52	85,80	42,61	93,01
20	50,69	37,49	85,10	77,81	78,92	37,79	83,63	75,67	36,35	90,69	75,49	37,34	86,64	75,37	37,06	88,05
15	43,76	31,09	76,78	66,73	69,70	31,07	76,17	61,74	30,53	80,64	66,50	31,01	78,07	64,43	30,96	78,83
10	34,34	24,11	61,01	53,55	51,97	24,25	60,10	53,54	23,68	64,07	55,03	23,90	62,44	55,80	23,79	63,26
1	0,00	0,00	0,00	50,74	50,74	0,00	0,00	50,74	0,00	0,00	50,74	0,00	0,00	50,74	0,00	0,00

Teste 14 – Abertura 75 μ m, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 7,6tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,92	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,88	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,96	99,90	100,00	100,00	99,71	99,89	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00
425	99,47	98,70	100,00	100,00	99,30	98,61	99,99	100,00	98,69	100,00	100,00	98,68	100,00	100,00	98,64	100,00
300	97,38	93,59	100,00	100,00	98,32	93,20	99,94	100,00	93,56	100,00	100,00	93,51	100,00	99,99	93,32	100,00
212	92,92	82,66	100,00	100,00	95,98	81,89	99,65	100,00	82,57	100,00	100,00	82,45	100,00	99,61	81,97	99,97
150	74,40	37,33	100,00	100,00	90,61	37,62	96,85	100,00	36,99	100,00	100,00	36,57	100,00	95,75	36,71	98,68
106	68,21	22,18	100,00	100,00	78,91	24,74	94,75	99,28	21,87	99,92	95,18	21,97	99,50	80,20	24,05	96,66
75	63,82	16,97	96,18	48,48	56,79	18,17	91,69	51,59	16,30	96,35	50,07	16,53	95,83	52,55	18,16	93,24
53	58,77	14,07	89,65	23,48	26,32	14,66	85,70	15,95	14,31	89,20	21,76	13,81	89,20	27,11	14,67	87,19
38	54,36	12,87	83,01	11,11	6,86	13,86	79,08	9,48	13,29	82,47	12,63	12,43	82,74	12,34	13,28	80,83
25	48,87	11,97	74,36	6,70	4,89	13,15	70,68	7,55	12,27	73,93	7,67	11,38	74,24	5,37	12,53	72,29
20	44,80	11,47	67,83	5,02	5,79	12,53	64,50	7,22	11,54	67,57	6,08	10,77	67,84	4,55	12,05	65,90
15	39,96	10,67	60,18	6,74	6,86	11,66	57,23	7,03	10,70	59,98	4,56	10,22	60,08	5,50	11,37	58,37
10	34,19	9,67	51,13	7,09	8,13	10,42	48,70	6,93	9,72	50,94	3,07	9,78	50,71	8,80	10,08	49,72
1	0,00	0,00	0,00	11,55	11,55	0,00	0,00	11,55	0,00	0,00	11,55	0,00	0,00	11,55	0,00	0,00

Teste 15 – Abertura 75µm, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 12,2tph.

EXP					MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
X (mm)	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,96	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,91	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,87	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,74	99,40	100,00	100,00	99,70	99,37	100,00	100,00	99,40	100,00	100,00	99,39	100,00	100,00	99,39	100,00
425	98,27	95,99	100,00	100,00	99,32	95,80	99,98	100,00	95,98	100,00	100,00	95,96	100,00	100,00	95,91	100,00
300	94,81	87,98	100,00	100,00	98,41	87,49	99,89	100,00	87,95	100,00	100,00	87,88	100,00	100,00	87,74	100,00
212	89,49	75,65	100,00	100,00	96,37	74,96	99,56	100,00	75,58	100,00	100,00	75,45	100,00	99,86	75,19	99,99
150	74,00	39,79	100,00	100,00	91,87	40,23	97,43	100,00	39,63	100,00	100,00	39,28	100,00	97,82	39,42	99,40
106	68,59	27,26	100,00	100,00	82,37	29,35	95,81	99,70	27,10	99,97	96,85	27,05	99,70	86,71	28,35	98,15
75	64,33	21,35	96,99	59,84	64,27	22,66	93,23	64,89	20,68	97,34	60,78	21,00	96,78	61,57	22,15	95,31
53	59,51	17,85	91,17	31,37	36,82	18,33	88,08	22,70	18,14	90,80	30,00	17,62	90,88	34,55	18,22	89,84
38	54,69	15,95	84,13	17,04	13,38	16,76	81,01	13,48	16,63	83,48	18,20	15,57	83,99	17,56	16,22	82,95
25	48,41	14,65	74,07	8,94	6,87	15,70	71,11	10,68	15,07	73,63	11,34	13,91	74,25	8,83	14,91	73,02
20	43,97	13,75	66,94	8,75	7,93	14,84	64,18	10,20	14,02	66,62	9,07	12,97	67,19	7,39	14,14	65,89
15	38,74	12,75	58,49	8,26	9,32	13,66	56,14	9,92	12,82	58,35	6,85	12,13	58,67	7,82	13,17	57,52
10	32,42	11,35	48,43	9,57	10,95	11,96	46,61	9,78	11,38	48,33	4,64	11,45	48,13	10,71	11,57	47,73
1	0,00	0,00	0,00	15,12	15,12	0,00	0,00	15,12	0,00	0,00	15,12	0,00	0,00	15,12	0,00	0,00

Teste 16 – Abertura 75 μ m, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 9,1tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,82	99,60	100,00	100,00	99,96	99,60	100,00	100,00	99,60	100,00	100,00	99,59	100,00	100,00	99,59	100,00
425	99,37	98,60	100,00	100,00	99,89	98,59	100,00	100,00	98,61	100,00	100,00	98,58	100,00	100,00	98,57	100,00
300	97,24	93,89	100,00	100,00	99,68	93,85	99,99	100,00	93,92	100,00	100,00	93,79	100,00	100,00	93,77	100,00
212	92,41	83,17	100,00	100,00	99,06	83,13	99,90	100,00	83,24	100,00	100,00	82,90	100,00	99,95	82,84	100,00
150	85,40	67,64	100,00	100,00	97,28	67,88	99,56	100,00	67,78	100,00	100,00	67,11	100,00	98,85	67,18	99,85
106	75,11	45,20	99,70	98,40	92,31	46,63	98,13	99,81	45,12	99,96	96,62	44,71	99,37	91,05	46,00	98,20
75	69,08	35,38	96,79	73,51	79,29	35,94	95,87	76,14	34,99	97,33	68,77	35,38	95,99	69,15	36,58	94,87
53	63,64	30,88	90,57	37,31	50,99	29,73	91,04	34,37	30,86	90,80	41,47	30,29	90,26	42,07	31,40	89,21
38	57,71	27,87	82,23	22,84	18,45	27,28	82,30	21,94	27,99	82,33	27,92	26,56	82,57	24,21	28,16	81,15
25	48,87	24,57	68,85	16,86	11,01	25,10	68,09	17,82	24,52	69,06	18,54	22,87	69,63	15,34	25,09	67,74
20	44,03	22,87	61,42	15,84	13,53	23,64	60,51	17,09	22,69	61,71	15,12	21,22	62,23	14,24	23,53	60,29
15	38,22	20,87	52,48	15,54	16,69	21,47	51,76	16,66	20,56	52,85	11,65	19,70	53,00	15,35	21,52	51,46
10	31,43	18,17	42,32	17,95	20,58	18,34	42,00	16,44	18,09	42,48	8,03	18,47	41,77	19,44	18,53	41,66
1	0,00	0,00	0,00	26,09	26,09	0,00	0,00	26,09	0,00	0,00	26,09	0,00	0,00	26,09	0,00	0,00

Teste 17 – Abertura 75 μ m, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 10tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,98	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,93	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,86	99,70	100,00	100,00	99,81	99,70	100,00	100,00	99,70	100,00	100,00	99,69	100,00	100,00	99,70	100,00
300	98,15	96,00	100,00	100,00	99,49	95,99	99,98	100,00	96,02	100,00	100,00	95,93	100,00	100,00	95,98	100,00
212	92,83	84,46	100,00	100,00	98,63	84,54	99,85	100,00	84,55	100,00	100,00	84,19	100,00	99,96	84,40	100,00
150	83,72	64,69	100,00	100,00	96,44	65,36	99,25	100,00	64,90	100,00	99,96	64,09	99,99	99,07	64,73	99,84
106	77,84	52,65	99,40	94,49	90,99	53,70	98,27	99,68	52,27	99,96	94,23	51,88	99,37	92,27	52,92	99,00
75	71,53	42,83	96,09	71,73	78,15	42,93	95,72	76,10	41,91	97,15	68,65	42,32	95,75	71,89	43,03	95,72
53	65,81	37,22	90,27	45,19	52,53	36,37	90,71	38,57	37,16	90,59	46,17	36,49	90,12	45,48	37,37	89,95
38	60,32	34,01	82,83	26,93	23,32	33,58	82,95	26,41	34,03	83,07	33,41	32,45	83,44	27,76	34,05	82,63
25	52,52	30,61	71,26	20,10	14,66	31,08	70,65	22,13	30,31	71,73	23,27	28,44	72,48	19,21	30,78	70,96
20	47,53	28,61	63,72	18,51	17,55	29,17	63,06	21,36	28,01	64,42	19,27	26,32	65,12	18,40	28,79	63,44
15	41,45	26,01	54,67	19,74	21,26	26,35	54,23	20,90	25,28	55,45	15,05	24,30	55,68	19,95	26,15	54,45
10	34,49	22,31	44,91	24,52	25,74	22,44	44,68	20,67	22,17	45,15	10,52	22,69	44,28	24,71	22,40	44,75
1	0,00	0,00	0,00	29,82	29,82	0,00	0,00	29,82	0,00	0,00	29,82	0,00	0,00	29,82	0,00	0,00

Teste 18 – Abertura 75µm, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 14,3tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,96	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,51	99,00	100,00	100,00	99,89	99,00	100,00	100,00	99,00	100,00	100,00	98,98	100,00	100,00	99,00	100,00
425	98,44	96,79	100,00	100,00	99,73	96,79	99,99	100,00	96,80	100,00	100,00	96,75	100,00	100,00	96,79	100,00
300	95,23	90,18	100,00	100,00	99,33	90,19	99,95	100,00	90,20	100,00	100,00	90,03	100,00	100,00	90,15	100,00
212	89,24	77,83	100,00	100,00	98,32	78,00	99,76	100,00	77,87	100,00	100,00	77,49	100,00	99,97	77,77	100,00
150	81,92	62,86	99,90	99,30	95,97	63,48	99,18	100,00	62,83	100,00	99,94	62,20	99,99	99,25	62,78	99,89
106	78,70	56,44	99,70	96,80	90,60	57,45	98,60	99,66	56,24	99,98	94,09	55,87	99,63	93,30	56,58	99,47
75	72,18	46,41	96,49	74,67	78,79	46,83	95,92	77,98	45,78	97,18	71,15	46,16	96,02	74,30	46,57	96,22
53	65,86	40,20	90,07	47,72	56,13	39,49	90,55	42,50	40,26	90,11	50,40	39,50	90,02	48,47	40,24	89,91
38	59,27	36,19	81,03	29,48	29,26	35,50	81,52	30,12	36,17	81,14	37,70	34,30	82,14	30,81	36,04	81,07
25	48,87	31,09	65,65	23,84	18,21	31,58	65,06	25,60	30,70	66,08	26,92	28,45	67,58	22,42	31,23	65,43
20	44,24	28,98	58,62	22,01	21,13	29,56	57,98	24,78	28,34	59,29	22,50	26,27	60,70	21,80	29,14	58,40
15	38,48	26,18	50,09	23,65	25,25	26,55	49,65	24,28	25,47	50,81	17,75	24,13	51,63	23,67	26,33	49,89
10	31,12	21,88	39,84	28,39	30,18	21,96	39,70	24,03	21,83	39,92	12,52	22,21	39,29	28,94	21,93	39,75
1	0,00	0,00	0,00	34,12	34,12	0,00	0,00	34,12	0,00	0,00	34,12	0,00	0,00	34,12	0,00	0,00

Teste 19 – Abertura 75 μ m, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 18,1tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,98	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,95	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,58	99,20	100,00	100,00	99,86	99,20	100,00	100,00	99,20	100,00	100,00	99,18	100,00	100,00	99,19	100,00
300	97,65	95,49	100,00	100,00	99,62	95,51	99,98	100,00	95,48	100,00	100,00	95,39	100,00	100,00	95,46	100,00
212	93,30	87,16	100,00	100,00	98,99	87,26	99,89	100,00	87,14	100,00	100,00	86,87	100,00	99,98	87,08	100,00
150	87,16	75,41	100,00	100,00	97,42	75,80	99,56	100,00	75,37	100,00	99,90	74,87	99,99	99,50	75,31	99,94
106	80,81	63,25	100,00	100,00	93,63	64,41	98,71	99,70	63,23	99,96	94,38	63,13	99,26	94,97	63,69	99,27
75	74,84	54,02	97,59	80,75	84,54	54,74	96,78	81,90	53,85	97,70	75,81	54,27	96,31	78,71	54,63	96,63
53	68,72	47,91	91,48	52,20	64,49	47,18	92,24	49,70	48,01	91,27	57,98	47,33	91,05	54,35	48,22	90,83
38	62,35	43,60	82,84	35,28	36,36	42,74	83,75	36,91	43,50	82,87	45,68	41,62	83,98	36,82	43,69	82,46
25	53,23	38,39	69,46	29,85	22,48	38,82	68,98	31,98	37,91	69,92	34,07	35,54	71,70	28,52	38,68	68,92
20	48,07	35,49	61,83	29,37	26,33	36,21	61,02	31,06	34,84	62,49	28,98	32,62	64,21	28,10	35,89	61,21
15	41,72	31,78	52,59	30,47	31,90	32,33	51,97	30,51	31,12	53,27	23,29	29,72	54,25	30,35	32,17	52,02
10	33,96	26,57	42,04	35,05	38,65	26,58	42,01	30,23	26,62	41,96	16,77	27,17	41,05	36,26	26,75	41,74
1	0,00	0,00	0,00	40,86	40,86	0,00	0,00	40,86	0,00	0,00	40,86	0,00	0,00	40,86	0,00	0,00

Teste 20 – Abertura 75 μ m, %Sólidos 50% e taxa de alimentação 8,7tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,01	98,40	100,00	100,00	99,98	98,39	100,00	100,00	98,39	100,00	100,00	98,38	100,00	100,00	98,38	100,00
300	95,91	93,38	100,00	100,00	99,93	93,38	99,99	100,00	93,37	100,00	100,00	93,31	100,00	100,00	93,33	100,00
212	90,19	84,13	100,00	100,00	99,75	84,14	99,96	100,00	84,12	100,00	100,00	83,97	100,00	99,99	84,01	100,00
150	62,10	38,70	100,00	100,00	99,08	39,08	99,28	100,00	38,65	100,00	100,00	38,09	100,00	99,58	38,44	99,69
106	55,19	27,53	100,00	100,00	96,68	28,27	98,68	99,93	27,48	99,99	97,88	27,05	99,62	95,06	27,75	98,81
75	52,56	24,02	98,80	82,55	88,38	24,51	97,88	84,90	23,87	98,95	76,18	23,78	98,01	77,18	24,45	97,26
53	48,08	20,61	92,59	47,05	63,13	19,93	93,56	43,64	20,70	92,35	49,76	20,14	92,20	49,36	20,84	91,38
38	43,32	18,61	83,36	26,01	22,90	18,16	83,96	28,12	18,54	83,39	34,83	17,44	84,20	29,34	18,57	82,67
25	37,90	16,71	72,22	21,67	13,41	16,99	71,68	22,73	16,54	72,42	23,79	15,33	73,54	19,58	16,84	71,37
20	34,17	15,51	64,40	19,92	17,30	15,94	63,61	21,77	15,23	64,79	19,62	14,13	65,81	18,70	15,70	63,53
15	29,95	14,00	55,78	22,00	22,34	14,42	55,04	21,20	13,78	56,09	15,29	13,08	56,59	20,57	14,29	54,84
10	25,02	12,10	45,95	23,87	28,84	12,11	45,87	20,92	12,11	45,89	10,67	12,22	45,24	26,15	12,19	45,42
1	0,00	0,00	0,00	29,90	29,90	0,00	0,00	29,90	0,00	0,00	29,90	0,00	0,00	29,90	0,00	0,00

Teste 21 – Abertura 75µm, %Sólidos 50% e taxa de alimentação 12,3tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,95	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,87	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,96	99,90	100,00	100,00	99,66	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00
300	99,55	98,73	100,00	100,00	99,14	98,72	99,99	100,00	98,73	100,00	100,00	98,70	100,00	100,00	98,73	100,00
212	98,25	95,10	100,00	100,00	97,86	95,11	99,95	100,00	95,11	100,00	100,00	94,98	100,00	99,97	95,09	100,00
150	94,59	84,88	100,00	100,00	94,81	85,28	99,66	100,00	84,90	100,00	99,99	84,51	100,00	99,24	84,93	99,96
106	92,46	79,28	99,80	93,93	87,80	79,96	99,26	99,84	78,96	99,99	96,60	78,61	99,89	92,84	79,39	99,72
75	88,59	70,86	98,46	77,76	72,81	71,97	97,63	78,98	70,42	98,73	70,47	70,80	98,13	71,80	71,61	98,02
53	82,04	63,38	92,43	40,87	46,43	63,34	92,22	37,96	63,48	92,40	44,18	62,52	92,52	43,61	63,61	92,28
38	73,17	57,79	81,73	22,51	20,60	58,15	81,34	24,67	57,37	81,98	30,43	54,78	83,03	25,00	57,40	81,92
25	61,63	51,86	67,06	18,38	14,69	53,34	66,14	20,15	50,87	67,62	20,52	48,00	68,94	16,70	52,00	66,97
20	55,05	48,56	58,66	17,93	17,40	50,09	57,75	19,34	47,32	59,36	16,82	44,83	60,53	16,39	48,98	58,42
15	47,43	44,48	49,07	19,15	20,80	45,59	48,43	18,87	43,31	49,73	13,02	41,99	50,35	18,77	44,97	48,79
10	38,59	38,77	38,49	23,09	24,86	39,35	38,17	18,63	38,71	38,52	9,02	39,70	37,99	24,83	38,82	38,46
1	0,00	0,00	0,00	35,92	35,92	0,00	0,00	35,92	0,00	0,00	35,92	0,00	0,00	35,92	0,00	0,00

Teste 22 – Abertura 75 μ m, %Sólidos 50% e taxa de alimentação 15,1tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,98	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,96	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,94	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,86	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,67	99,39	100,00	100,00	99,67	99,38	100,00	100,00	99,39	100,00	100,00	99,39	100,00	100,00	99,39	100,00
300	99,35	98,78	100,00	100,00	99,21	98,77	99,99	100,00	98,79	100,00	100,00	98,77	100,00	100,00	98,78	100,00
212	98,36	96,94	100,00	100,00	98,19	96,94	99,95	100,00	96,94	100,00	100,00	96,91	100,00	100,00	96,93	100,00
150	95,72	92,04	100,00	100,00	96,08	92,17	99,73	100,00	92,05	100,00	99,98	91,97	100,00	99,87	92,03	99,99
106	92,72	86,53	99,90	98,45	91,82	86,96	99,21	99,97	86,46	100,00	97,34	86,47	99,83	97,85	86,54	99,85
75	86,37	75,79	98,67	91,00	83,05	77,01	96,92	92,00	75,61	98,90	82,84	76,59	97,50	86,70	76,28	98,03
53	78,31	66,31	92,25	63,17	65,98	66,98	91,09	60,34	66,57	91,98	65,27	66,71	91,52	63,47	66,75	91,69
38	69,03	59,37	80,25	40,20	43,19	59,42	79,87	43,13	59,13	80,56	52,32	57,59	82,06	43,41	59,23	80,36
25	57,13	51,88	63,24	33,85	28,23	53,08	61,71	36,18	51,13	64,13	39,85	48,68	66,76	32,85	51,94	63,14
20	51,04	48,06	54,50	33,66	30,72	49,54	52,72	34,89	47,17	55,54	34,27	44,75	58,19	31,87	48,32	54,18
15	43,97	43,48	44,55	34,83	36,08	44,73	43,11	34,12	42,69	45,46	27,90	41,05	47,30	33,95	43,84	44,12
10	35,58	37,47	33,38	38,46	42,56	37,99	32,85	33,72	37,43	33,42	20,43	37,83	33,01	40,20	37,55	33,30
1	0,00	0,00	0,00	56,59	56,59	0,00	0,00	56,59	0,00	0,00	56,59	0,00	0,00	56,59	0,00	0,00

Teste 23 – Abertura 75 μ m, %Sólidos 50% e taxa de alimentação 22tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,98	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,96	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,94	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,86	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,78	99,60	100,00	100,00	99,68	99,59	100,00	100,00	99,60	100,00	100,00	99,59	100,00	100,00	99,60	100,00
300	99,45	98,99	100,00	100,00	99,25	98,98	99,99	100,00	98,99	100,00	100,00	98,98	100,00	100,00	98,99	100,00
212	98,45	97,14	100,00	100,00	98,32	97,13	99,96	100,00	97,14	100,00	100,00	97,11	100,00	100,00	97,13	100,00
150	95,85	92,31	100,00	100,00	96,45	92,40	99,76	100,00	92,34	100,00	100,00	92,24	100,00	99,94	92,30	100,00
106	90,63	82,65	100,00	100,00	92,81	83,29	98,96	100,00	82,71	100,00	98,50	82,63	99,83	98,71	82,75	99,85
75	84,18	71,65	98,88	91,99	85,34	72,92	96,94	95,86	71,28	99,42	86,28	72,22	97,93	90,16	71,95	98,47
53	76,87	62,13	94,19	70,46	70,31	63,25	92,31	66,65	62,30	94,10	68,62	62,85	93,00	68,47	62,67	93,48
38	67,88	54,86	83,17	43,65	48,60	55,03	82,45	46,23	54,62	83,55	55,12	53,58	84,32	47,20	54,80	83,18
25	55,71	46,93	66,02	35,17	30,36	48,07	64,37	37,68	46,16	67,00	42,18	43,98	69,19	34,86	46,93	65,98
20	49,55	42,94	57,31	35,01	31,42	44,43	55,35	36,09	42,05	58,41	36,40	39,79	60,77	33,19	43,13	57,05
15	42,37	38,17	47,29	35,83	36,51	39,49	45,62	35,14	37,39	48,24	29,78	35,79	49,93	34,66	38,51	46,87
10	33,61	31,89	35,63	38,73	42,95	32,42	34,97	34,65	31,79	35,76	21,93	32,20	35,23	40,41	31,95	35,55
1	0,00	0,00	0,00	51,24	51,24	0,00	0,00	51,24	0,00	0,00	51,24	0,00	0,00	51,24	0,00	0,00

Teste 24 – Abertura 75 μ m, %Sólidos 60% e taxa de alimentação 10,2tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,93	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,89	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,75	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	100,00	100,00	100,00	100,00	99,44	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
300	99,95	99,88	100,00	100,00	98,73	99,88	100,00	100,00	99,88	100,00	100,00	99,88	100,00	100,00	99,88	100,00
212	99,91	99,77	100,00	100,00	97,15	99,77	100,00	100,00	99,77	100,00	100,00	99,77	100,00	99,96	99,77	100,00
150	98,45	96,30	99,90	95,83	93,82	96,33	99,85	100,00	96,23	100,00	99,98	96,12	100,00	99,14	96,17	99,98
106	92,31	82,83	98,71	88,45	86,98	82,90	98,52	99,91	81,31	99,99	95,47	81,47	99,54	92,78	82,02	99,24
75	81,95	63,22	94,59	76,27	73,67	63,70	93,99	83,33	60,30	97,06	70,93	63,09	94,52	73,47	63,10	94,64
53	70,78	49,05	85,45	51,14	51,30	49,29	84,97	41,96	48,91	86,05	47,57	49,81	84,76	47,67	49,86	84,86
38	60,98	42,86	73,21	25,46	27,23	42,58	73,13	27,08	42,45	73,92	34,27	41,42	74,02	29,60	42,65	73,32
25	49,39	36,92	57,81	20,68	16,01	37,91	56,97	21,95	36,26	58,56	23,82	34,51	59,31	19,99	36,89	57,80
20	44,08	34,34	50,66	19,57	17,80	35,53	49,72	21,04	33,54	51,43	19,73	31,89	52,20	18,44	34,46	50,55
15	37,83	31,18	42,32	20,33	20,83	32,26	41,51	20,50	30,43	43,00	15,42	29,48	43,39	19,02	31,51	42,09
10	30,26	27,23	32,30	21,03	24,42	27,61	32,01	20,23	26,70	32,75	10,78	27,44	32,14	22,44	27,28	32,27
1	0,00	0,00	0,00	36,27	36,27	0,00	0,00	36,27	0,00	0,00	36,27	0,00	0,00	36,27	0,00	0,00

Teste 25 – Abertura 75µm, %Sólidos 60% e taxa de alimentação 16,9tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,98	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,96	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,94	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,85	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,97	99,90	100,00	100,00	99,64	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00
300	99,66	99,00	100,00	100,00	99,09	98,99	100,00	100,00	99,03	100,00	100,00	99,00	100,00	100,00	98,99	100,00
212	98,90	96,73	100,00	100,00	97,75	96,75	99,97	100,00	96,83	100,00	100,00	96,74	100,00	99,97	96,72	100,00
150	97,71	93,19	100,00	100,00	94,59	93,34	99,87	100,00	93,40	100,00	100,00	93,21	100,00	99,14	93,19	99,98
106	91,44	77,27	98,61	85,31	87,33	76,81	98,69	99,97	75,32	100,00	98,82	74,82	99,89	92,22	75,89	99,25
75	80,94	53,03	95,05	77,50	71,92	53,98	94,28	83,97	49,87	97,42	73,69	51,83	95,72	70,34	53,77	94,57
53	70,10	39,44	85,61	42,12	45,08	39,22	85,38	35,10	38,90	86,66	40,12	38,93	85,94	41,53	40,31	85,05
38	60,09	33,86	73,36	18,73	18,38	33,67	73,17	19,84	33,17	74,38	24,86	31,54	74,60	22,22	33,66	73,36
25	47,99	28,93	57,64	13,70	10,41	29,86	56,97	15,15	27,89	58,66	15,70	25,90	59,22	12,69	29,06	57,50
20	42,30	26,76	50,15	12,79	12,22	27,76	49,49	14,35	25,53	51,19	12,63	23,77	51,71	11,53	27,10	49,92
15	35,67	24,15	41,50	13,26	14,56	24,84	41,03	13,88	22,87	42,46	9,62	21,87	42,68	12,76	24,57	41,24
10	27,74	20,38	31,46	15,95	17,36	20,68	31,23	13,65	19,75	31,98	6,57	20,33	31,51	17,20	20,49	31,38
1	0,00	0,00	0,00	24,68	24,68	0,00	0,00	24,68	0,00	0,00	24,68	0,00	0,00	24,68	0,00	0,00

Teste 26 – Abertura 75 μ m, %Sólidos 60% e taxa de alimentação 24,3tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,98	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,96	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,94	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,85	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,97	99,90	100,00	100,00	99,64	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00
300	99,66	99,00	100,00	100,00	99,10	98,99	100,00	100,00	99,03	100,00	100,00	99,00	100,00	100,00	99,00	100,00
212	98,90	96,74	100,00	100,00	97,77	96,76	99,97	100,00	96,84	100,00	100,00	96,75	100,00	99,97	96,73	100,00
150	97,70	93,20	100,00	100,00	94,63	93,35	99,87	100,00	93,41	100,00	100,00	93,22	100,00	99,17	93,20	99,98
106	91,42	77,36	98,61	85,40	87,43	76,90	98,69	99,97	75,44	100,00	98,83	74,93	99,89	92,38	75,98	99,26
75	80,89	53,19	95,06	77,70	72,14	54,13	94,29	84,29	50,03	97,45	73,92	52,00	95,73	70,65	53,90	94,60
53	70,04	39,57	85,64	42,51	45,40	39,36	85,40	35,46	39,02	86,70	40,43	39,07	85,95	41,82	40,43	85,09
38	60,05	33,98	73,38	18,93	18,64	33,78	73,19	20,05	33,28	74,41	25,11	31,67	74,62	22,44	33,77	73,39
25	47,96	29,04	57,65	13,85	10,52	29,97	56,97	15,30	27,99	58,69	15,88	26,02	59,23	12,85	29,16	57,51
20	42,27	26,86	50,16	12,93	12,34	27,86	49,49	14,50	25,63	51,21	12,78	23,88	51,72	11,67	27,19	49,93
15	35,66	24,24	41,50	13,40	14,71	24,94	41,02	14,03	22,97	42,47	9,74	21,98	42,69	12,90	24,66	41,25
10	27,74	20,47	31,45	16,11	17,54	20,78	31,22	13,79	19,84	31,97	6,65	20,42	31,49	17,35	20,57	31,37
1	0,00	0,00	0,00	24,99	24,99	0,00	0,00	24,99	0,00	0,00	24,99	0,00	0,00	24,99	0,00	0,00

Teste 27 – Abertura 106µm, %Sólidos 27,5% e taxa de alimentação 8,5tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	99,95	99,80	100,00	100,00	99,99	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,78	100,00
600	98,64	95,00	100,00	100,00	99,95	94,88	100,00	100,00	94,98	100,00	100,00	94,92	100,00	99,99	94,46	100,00
425	94,65	80,29	100,00	100,00	99,82	79,83	99,99	100,00	80,22	100,00	100,00	79,99	100,00	99,78	78,22	99,99
300	88,20	56,50	100,00	100,00	99,28	55,62	99,93	100,00	56,34	100,00	100,00	55,84	100,00	97,56	52,52	99,78
212	81,61	32,20	100,00	100,00	97,17	31,42	99,67	100,00	31,95	100,00	100,00	31,18	100,00	87,94	28,86	98,73
150	77,11	15,60	100,00	100,00	89,33	16,22	99,02	99,98	15,29	100,00	99,94	14,33	100,00	67,13	16,52	96,77
106	73,99	8,40	98,40	62,59	64,02	8,67	97,49	63,59	7,94	98,44	62,36	7,05	98,39	41,28	11,27	94,34
75	70,26	6,80	93,88	11,65	17,45	6,21	93,31	8,85	6,73	93,79	10,64	5,56	93,85	20,39	8,17	90,41
53	64,44	6,40	86,04	1,86	0,71	6,06	85,45	3,36	6,00	86,08	3,60	4,78	86,19	7,74	6,33	83,30
38	56,33	5,70	75,18	2,34	1,08	5,72	74,54	2,39	5,28	75,23	1,99	4,18	75,35	1,89	5,70	72,76
25	47,19	4,70	63,00	2,97	1,75	5,12	62,32	2,07	4,59	62,96	1,17	3,77	63,01	0,13	5,65	60,66
20	42,32	4,30	56,47	2,23	2,11	4,73	55,84	2,01	4,22	56,43	0,92	3,61	56,43	0,59	5,54	54,25
15	36,79	3,90	49,03	1,96	2,55	4,20	48,52	1,97	3,82	49,00	0,68	3,47	48,94	2,05	5,07	47,08
10	29,74	3,30	39,58	2,31	3,07	3,38	39,22	1,96	3,31	39,53	0,45	3,35	39,36	4,95	3,65	38,20
1	0,00	0,00	0,00	3,01	3,01	0,00	0,00	3,01	0,00	0,00	3,01	0,00	0,00	3,01	0,00	0,00

Teste 28 – Abertura 106 μ m, %Sólidos 39,4% e taxa de alimentação 10,8tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,97	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	99,88	99,70	100,00	100,00	99,95	99,70	100,00	100,00	99,71	100,00	100,00	99,70	100,00	100,00	99,68	100,00
600	97,39	93,60	100,00	100,00	99,83	93,52	99,99	100,00	93,84	100,00	100,00	93,70	100,00	99,99	93,14	100,00
425	90,50	76,68	100,00	100,00	99,43	76,48	99,93	100,00	77,56	100,00	100,00	77,05	100,00	99,68	75,08	99,96
300	80,24	51,50	100,00	100,00	98,07	51,44	99,60	100,00	53,32	100,00	100,00	52,26	100,00	96,84	48,96	99,44
212	70,47	28,11	99,60	97,57	93,62	28,69	98,55	100,00	30,25	100,00	100,00	28,66	100,00	85,75	26,94	97,19
150	62,93	13,40	97,00	79,55	80,11	13,68	96,05	99,37	12,56	99,92	93,30	11,68	99,14	63,61	14,35	92,77
106	57,13	7,60	91,19	40,73	47,31	6,85	90,93	40,97	6,95	93,97	34,78	6,80	92,68	37,77	8,58	86,94
75	51,49	5,70	82,98	13,73	8,55	5,65	82,31	9,31	5,71	85,10	11,91	5,18	84,20	17,87	5,93	79,46
53	46,34	5,30	74,56	3,17	1,39	5,47	73,82	4,95	5,10	76,62	6,22	4,40	75,96	6,39	5,07	71,68
38	38,44	4,70	61,64	3,09	2,26	5,03	60,90	3,96	4,37	63,46	4,03	3,63	63,02	1,57	4,74	59,13
25	29,49	4,00	47,02	3,19	3,48	4,25	46,46	3,61	3,60	48,50	2,55	3,08	48,14	0,89	4,54	44,81
20	26,28	3,70	41,81	3,81	4,11	3,93	41,31	3,54	3,34	43,13	2,03	2,92	42,78	1,94	4,37	39,74
15	22,44	3,30	35,61	4,24	4,85	3,46	35,20	3,50	3,02	36,70	1,52	2,78	36,33	4,12	3,96	33,79
10	17,33	2,70	27,39	4,78	5,72	2,74	27,14	3,48	2,60	28,15	1,02	2,66	27,69	7,93	2,89	26,20
1	0,00	0,00	0,00	6,35	6,35	0,00	0,00	6,35	0,00	0,00	6,35	0,00	0,00	6,35	0,00	0,00

Teste 29 – Abertura 106µm, %Sólidos 32,1% e taxa de alimentação 14,5tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,96	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,94	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,34	98,60	100,00	100,00	99,81	98,59	100,00	100,00	98,65	100,00	100,00	98,59	100,00	100,00	98,54	100,00
425	96,06	91,59	100,00	100,00	99,44	91,56	99,96	100,00	91,88	100,00	100,00	91,52	100,00	99,97	91,25	100,00
300	89,15	76,86	100,00	100,00	98,33	76,96	99,75	100,00	77,65	100,00	100,00	76,67	100,00	99,27	76,03	99,91
212	80,04	57,43	100,00	100,00	95,12	58,32	98,92	100,00	58,88	100,00	99,96	57,09	99,99	94,37	56,95	98,97
150	63,99	27,51	96,20	87,43	86,31	28,53	94,81	99,01	26,15	99,69	90,51	25,86	97,15	78,99	28,80	92,83
106	55,91	18,00	89,39	55,23	64,78	17,29	89,49	56,73	16,71	92,90	51,50	16,92	89,83	54,03	19,12	86,08
75	49,00	13,70	80,18	29,19	28,62	13,03	80,27	22,16	13,56	82,45	28,15	12,74	80,54	30,60	14,43	77,35
53	43,08	12,20	70,36	11,89	6,20	12,25	69,89	14,20	11,83	72,58	18,02	10,44	71,47	15,67	12,37	68,27
38	37,62	11,09	61,04	9,44	6,76	11,45	60,37	12,07	10,47	63,24	12,70	8,95	62,55	9,02	11,27	59,22
25	31,06	9,59	50,02	10,73	9,95	10,05	49,33	11,27	8,95	51,93	8,48	7,76	51,33	7,79	10,14	48,21
20	27,71	8,79	44,41	11,19	11,54	9,22	43,78	11,12	8,18	46,13	6,86	7,26	45,49	9,02	9,47	42,66
15	23,67	7,79	37,70	11,63	13,39	8,05	37,25	11,03	7,26	39,16	5,21	6,81	38,34	11,72	8,42	36,18
10	18,87	6,39	29,88	13,66	15,54	6,45	29,67	10,98	6,18	30,84	3,53	6,45	29,67	16,54	6,66	28,88
1	0,00	0,00	0,00	15,89	15,89	0,00	0,00	15,89	0,00	0,00	15,89	0,00	0,00	15,89	0,00	0,00

Teste 30 – Abertura 106 μ m, %Sólidos 43,7% e taxa de alimentação 20tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,96	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	99,90	99,80	100,00	100,00	99,91	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00
850	99,06	98,20	100,00	100,00	99,86	98,19	100,00	100,00	98,24	100,00	100,00	98,16	100,00	100,00	98,17	100,00
600	98,75	97,60	100,00	100,00	99,64	97,79	100,00	100,00	97,85	100,00	100,00	97,75	100,00	100,00	97,77	100,00
425	95,63	91,59	100,00	100,00	99,10	91,79	99,94	100,00	91,99	100,00	100,00	91,61	100,00	99,98	91,68	100,00
300	87,98	76,88	100,00	100,00	97,74	77,31	99,58	100,00	77,63	100,00	100,00	76,58	100,00	99,56	76,84	99,93
212	77,37	56,58	99,90	99,55	94,47	57,92	98,36	100,00	57,73	100,00	99,32	55,88	99,85	96,12	56,97	99,08
150	66,59	38,99	96,50	84,86	86,96	39,76	95,45	98,90	37,71	99,75	85,33	37,81	96,62	84,00	39,32	95,54
106	57,39	27,39	89,90	65,56	70,86	27,13	89,89	66,33	26,25	93,10	59,72	27,00	89,06	62,27	28,15	88,41
75	49,95	21,68	80,58	39,89	43,46	20,88	81,18	33,89	21,52	82,56	42,28	20,83	80,30	40,13	22,34	79,27
53	43,80	19,18	70,47	21,13	17,44	18,80	70,65	24,12	18,73	72,54	31,31	17,04	71,68	25,22	19,31	69,81
38	38,33	17,18	61,25	19,04	12,77	17,45	60,77	21,24	16,56	63,31	23,82	14,48	63,18	18,28	17,36	60,65
25	31,07	14,48	49,03	19,32	17,37	15,00	48,32	20,11	13,81	50,85	16,81	12,08	50,84	16,74	14,99	48,22
20	27,46	13,18	42,92	18,74	19,72	13,62	42,32	19,90	12,46	44,65	13,87	11,10	44,50	17,85	13,74	42,13
15	23,30	11,48	36,11	21,30	22,38	11,83	35,64	19,77	10,92	37,51	10,75	10,22	36,94	20,44	12,08	35,34
10	18,27	9,28	28,00	22,72	25,40	9,35	27,85	19,70	9,06	28,83	7,43	9,49	27,42	25,17	9,61	27,60
1	0,00	0,00	0,00	26,43	26,43	0,00	0,00	26,43	0,00	0,00	26,43	0,00	0,00	26,43	2,03	0,00

Teste 31 – Abertura 106µm, %Sólidos 49,8% e taxa de alimentação 12,4tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,94	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,87	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,54	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,93	99,80	100,00	100,00	98,94	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00
300	99,60	98,90	100,00	100,00	97,57	98,93	99,99	100,00	98,91	100,00	100,00	98,88	100,00	99,83	98,89	100,00
212	99,13	97,60	100,00	100,00	94,56	97,70	99,95	100,00	97,63	100,00	99,95	97,56	100,00	97,95	97,60	99,98
150	89,92	73,46	99,30	95,16	88,22	75,36	98,24	99,77	72,64	99,97	93,78	73,36	99,11	89,21	74,68	98,44
106	80,39	54,94	94,89	70,56	75,35	55,62	94,55	76,91	52,71	96,49	68,12	55,17	94,38	69,70	56,15	93,93
75	71,69	43,83	87,58	46,39	52,92	42,98	88,11	37,38	43,88	87,88	46,18	43,92	87,11	46,42	44,90	86,67
53	62,00	37,03	76,24	25,49	26,27	35,98	76,88	24,48	37,42	76,30	33,16	34,92	77,04	28,91	37,09	75,93
38	53,89	32,62	66,01	19,69	13,88	32,88	65,90	20,81	32,83	66,13	24,92	29,25	67,56	19,70	32,63	65,77
25	43,70	27,62	52,86	17,82	15,92	28,42	52,43	19,40	27,46	53,14	17,50	24,25	54,49	16,13	28,04	52,45
20	38,74	25,22	46,44	17,58	17,86	25,99	46,03	19,13	24,88	46,80	14,44	22,25	47,89	16,28	25,79	45,97
15	32,86	22,22	38,92	18,53	20,04	22,75	38,63	18,98	21,84	39,26	11,20	20,40	39,77	17,83	22,87	38,44
10	26,12	18,62	30,39	19,40	22,49	18,58	30,42	18,89	18,38	30,62	7,74	18,94	30,10	21,35	18,85	30,18
1	0,00	0,00	0,00	25,88	25,88	0,00	0,00	25,88	0,00	0,00	25,88	0,00	0,00	25,88	0,00	0,00

Teste 32 – Abertura 106µm, %Sólidos 53,9% e taxa de alimentação 23,8tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,98	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,96	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,94	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,84	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,89	99,80	100,00	100,00	99,60	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00
300	99,40	98,90	100,00	100,00	99,00	98,91	99,99	100,00	98,90	100,00	100,00	98,88	100,00	99,97	98,89	100,00
212	98,69	97,60	100,00	100,00	97,62	97,64	99,95	100,00	97,61	100,00	99,87	97,56	100,00	99,42	97,58	99,99
150	83,02	68,77	100,00	100,00	94,59	70,40	98,09	99,95	68,92	99,98	94,85	69,70	98,27	95,43	69,75	98,44
106	74,58	56,03	96,70	82,13	87,54	56,83	95,78	89,88	55,04	98,10	79,52	57,13	94,56	82,60	56,80	95,27
75	66,01	46,31	89,49	61,64	71,87	45,51	90,49	56,85	46,11	89,95	64,21	46,82	87,98	62,32	46,86	88,28
53	58,62	40,30	80,46	44,26	45,48	39,34	81,66	40,10	40,69	80,20	52,16	39,60	80,40	44,08	40,80	79,35
38	50,61	35,50	68,63	32,62	25,22	35,62	68,51	34,65	35,61	68,67	42,60	33,21	70,54	33,58	35,80	67,84
25	42,63	31,09	56,39	30,02	26,29	31,77	55,61	32,47	30,86	56,80	32,33	28,38	58,96	29,26	31,46	55,63
20	38,03	28,59	49,27	29,53	29,85	29,24	48,52	32,06	28,16	49,90	27,56	26,00	51,80	29,36	28,94	48,59
15	32,58	25,39	41,15	31,98	33,91	25,85	40,62	31,81	24,99	41,72	22,16	23,74	42,71	31,13	25,79	40,48
10	26,39	21,48	32,23	34,28	38,53	21,47	32,26	31,68	21,39	32,40	15,93	21,89	31,54	35,24	21,73	31,80
1	0,00	0,00	0,00	44,28	44,28	0,00	0,00	44,28	0,00	0,00	44,28	0,00	0,00	44,28	0,00	0,00

Teste 33 – Abertura 106µm, %Sólidos 60% e taxa de alimentação 12,9tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,68	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,39	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,18	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,90	99,80	100,00	100,00	98,42	99,80	100,00	100,00	99,81	100,00	100,00	99,79	100,00	100,00	99,80	100,00
425	99,64	99,30	100,00	100,00	97,03	99,32	99,98	100,00	99,34	100,00	99,96	99,26	100,00	99,99	99,31	100,00
300	98,30	97,00	99,70	89,24	94,54	96,88	99,83	100,00	96,89	100,00	97,45	96,62	99,93	99,77	96,75	99,99
212	91,35	85,38	97,80	86,85	90,40	84,79	98,44	100,00	84,19	100,00	87,76	84,28	98,25	97,60	83,80	99,64
150	79,55	66,47	93,70	83,29	83,66	65,80	94,43	99,60	62,73	99,90	76,06	66,14	92,67	88,84	63,80	96,88
106	66,05	46,57	87,10	76,51	72,71	46,90	86,76	79,91	43,01	93,90	65,54	48,23	83,47	71,09	45,46	88,68
75	56,40	35,86	78,59	57,63	56,62	36,38	78,04	48,11	34,53	82,84	55,93	37,30	75,06	51,04	36,05	78,76
53	49,74	31,86	69,07	31,24	38,41	31,46	69,51	35,61	30,20	73,37	46,77	31,01	68,05	36,44	31,42	69,88
38	43,50	28,46	59,75	28,29	27,11	28,20	60,04	31,64	26,59	63,94	38,48	26,14	60,45	29,21	27,94	60,60
25	35,72	24,05	48,33	29,40	26,71	24,21	48,17	30,05	22,32	51,92	29,09	21,57	49,55	27,22	23,90	48,72
20	31,93	21,95	42,72	28,82	28,95	22,10	42,57	29,75	20,26	46,05	24,70	19,67	43,91	28,10	21,86	43,00
15	27,25	19,15	36,01	31,09	31,62	19,25	35,91	29,57	17,73	38,77	19,74	17,80	36,48	30,45	19,14	36,17
10	21,38	15,35	27,89	33,62	34,54	15,34	27,90	29,48	14,57	29,61	14,08	16,13	26,50	34,93	15,22	28,14
1	0,00	0,00	0,00	37,29	37,29	0,00	0,00	37,29	0,00	0,00	37,29	0,00	0,00	37,29	0,00	0,00

Teste 34 – Abertura 106µm, %Sólidos 60% e taxa de alimentação 22,8tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,79	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,71	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,94	99,90	100,00	100,00	99,41	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00
425	99,82	99,70	100,00	100,00	98,81	99,71	100,00	100,00	99,70	100,00	100,00	99,71	100,00	100,00	99,70	100,00
300	99,70	99,50	100,00	100,00	97,75	99,51	99,99	100,00	99,50	100,00	100,00	99,51	100,00	100,00	99,50	100,00
212	98,79	98,00	100,00	100,00	96,16	98,08	99,90	100,00	98,01	100,00	99,79	98,04	99,99	99,89	98,00	100,00
150	96,69	94,59	99,90	98,12	93,85	94,84	99,57	100,00	94,55	100,00	96,35	94,75	99,80	98,55	94,58	99,92
106	89,53	83,36	99,00	95,04	89,59	84,33	97,66	97,39	83,08	99,52	88,36	84,49	97,62	92,15	83,68	98,50
75	76,76	67,02	91,69	77,43	80,77	67,41	91,36	77,12	66,87	92,08	79,64	67,98	90,85	77,96	67,23	91,37
53	65,76	55,90	80,88	61,20	65,64	55,57	81,68	58,92	56,20	80,56	71,18	55,27	82,59	61,52	56,04	80,65
38	55,92	47,89	68,25	49,33	49,77	47,54	69,02	51,67	47,84	68,45	63,01	45,22	73,11	50,56	47,83	68,33
25	42,47	37,68	49,82	45,94	43,14	38,02	49,42	48,60	37,08	50,82	52,44	33,76	56,44	45,63	37,68	49,81
20	38,32	34,47	44,21	46,71	45,90	34,90	43,66	48,00	33,79	45,32	46,79	30,61	50,68	45,71	34,55	44,09
15	32,98	30,16	37,30	48,87	50,42	30,48	36,88	47,64	29,61	38,20	39,69	27,17	42,30	47,71	30,34	37,03
10	25,62	23,95	28,18	51,10	55,56	23,78	28,50	47,46	23,87	28,35	30,48	23,53	28,97	52,47	23,96	28,17
1	0,00	0,00	0,00	56,59	56,59	0,00	0,00	56,59	0,00	0,00	56,59	0,00	0,00	56,59	0,00	0,00

Teste 35 – Abertura 106µm, %Sólidos 60% e taxa de alimentação 28,4tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,82	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,63	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	99,89	99,80	100,00	100,00	99,48	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00	100,00	99,80	100,00
600	99,32	98,80	100,00	100,00	98,92	98,82	99,98	100,00	98,80	100,00	100,00	98,78	100,00	100,00	98,79	100,00
425	97,96	96,40	100,00	100,00	97,81	96,48	99,91	100,00	96,41	100,00	99,80	96,35	99,99	99,85	96,37	100,00
300	96,08	93,09	100,00	100,00	95,64	93,34	99,72	100,00	93,11	100,00	96,79	93,10	99,86	98,48	93,10	99,93
212	86,02	75,73	99,50	97,85	91,81	77,14	97,81	99,20	75,55	99,81	90,06	76,89	97,59	92,79	76,52	98,27
150	81,34	69,01	97,50	81,47	85,34	70,14	96,21	82,78	68,74	97,95	82,59	69,99	95,74	80,55	69,83	96,19
106	74,92	61,90	91,99	62,85	74,31	61,78	92,37	60,24	61,94	92,03	75,07	61,36	92,11	64,83	62,44	91,02
75	67,67	55,39	83,77	50,93	57,62	54,45	85,22	50,22	55,54	83,67	67,24	52,64	86,73	51,65	55,79	83,00
53	60,43	49,88	74,24	43,10	40,37	49,32	75,17	46,61	49,59	74,70	58,86	45,01	79,97	43,84	50,14	73,68
38	53,46	44,87	64,72	40,78	34,40	45,12	64,54	45,38	44,03	65,88	50,53	38,72	72,15	41,04	45,07	64,28
25	44,86	38,36	53,38	42,94	40,93	38,94	52,72	44,87	37,25	54,90	40,14	32,54	60,48	41,97	38,66	52,86
20	40,23	34,55	47,67	46,60	45,18	35,28	46,81	44,77	33,60	48,97	34,91	29,65	53,65	43,83	35,06	46,91
15	34,71	29,95	40,96	47,34	49,89	30,45	40,38	44,71	29,26	41,90	28,68	26,82	44,72	46,96	30,45	40,21
10	27,73	23,84	32,84	49,65	55,09	23,70	33,08	44,67	23,78	32,95	21,14	24,18	32,24	52,03	24,00	32,54
1	0,00	0,00	0,00	48,74	48,74	0,00	0,00	48,74	0,00	0,00	48,74	0,00	0,00	48,74	0,00	0,00

Teste 36 – Abertura 106µm, %Sólidos 60% e taxa de alimentação 30,9tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,95	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,88	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	99,94	99,90	100,00	100,00	99,83	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00
600	99,68	99,50	100,00	100,00	99,58	99,50	100,00	100,00	99,50	100,00	100,00	99,48	100,00	100,00	99,49	100,00
425	98,93	98,30	100,00	100,00	99,00	98,32	99,98	100,00	98,31	100,00	99,96	98,24	100,00	99,93	98,27	100,00
300	96,17	93,99	99,90	98,66	97,67	94,07	99,80	100,00	93,95	100,00	98,11	93,82	99,87	99,02	93,88	99,93
212	76,05	62,45	99,30	98,90	94,80	63,94	96,95	99,73	62,27	99,85	91,06	63,84	95,24	94,33	63,34	96,92
150	67,44	50,91	95,70	84,56	88,95	51,84	94,36	86,80	50,46	96,75	82,12	52,27	91,28	82,52	51,91	92,94
106	60,92	44,20	89,49	64,90	77,12	43,89	90,29	61,28	44,15	89,86	73,45	44,43	86,83	65,63	45,01	87,01
75	54,81	39,39	81,18	49,71	56,49	38,44	83,05	48,94	39,43	81,37	64,92	37,95	81,32	50,57	40,05	79,05
53	49,09	35,88	71,66	38,62	34,20	35,35	72,79	44,51	35,41	72,71	56,17	32,68	74,87	41,42	36,23	70,19
38	43,44	32,38	62,34	39,13	29,21	32,74	61,89	43,00	31,57	63,93	47,72	28,27	67,27	38,10	32,77	60,95
25	36,45	27,87	51,12	40,70	38,24	28,52	50,13	42,37	26,89	52,96	37,45	23,99	56,04	39,18	28,36	49,73
20	32,80	25,37	45,51	43,27	43,08	26,04	44,47	42,25	24,46	47,21	32,37	22,06	49,69	41,35	25,93	44,08
15	28,35	22,06	39,11	46,84	48,53	22,63	38,23	42,18	21,49	40,20	26,41	20,13	41,27	45,02	22,71	37,62
10	22,64	17,76	30,99	47,57	54,67	17,70	31,18	42,14	17,69	31,19	19,30	18,33	29,42	50,94	18,03	30,22
1	0,00	0,00	0,00	49,47	49,47	0,00	0,00	49,47	0,00	0,00	49,47	0,00	0,00	49,47	0,00	0,00

Teste 37 – Abertura 150µm, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 19,6tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,88	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,69	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,52	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00
600	99,48	96,70	100,00	100,00	98,77	96,66	99,99	100,00	96,70	100,00	100,00	96,72	100,00	99,65	96,44	100,00
425	97,49	84,10	100,00	100,00	96,88	84,16	99,92	100,00	84,09	100,00	100,00	84,19	100,00	96,98	83,20	99,93
300	93,89	61,79	99,90	97,66	92,18	62,62	99,59	100,00	61,25	100,00	100,00	61,48	100,00	87,07	61,66	99,38
212	89,43	37,29	99,20	86,76	81,15	39,16	98,59	99,98	33,01	100,00	99,88	33,43	99,99	67,43	41,04	97,68
150	84,43	19,49	96,60	56,17	58,66	20,13	96,15	59,97	13,99	97,62	60,02	14,52	97,62	43,55	26,09	94,38
106	78,90	11,20	91,59	23,69	25,57	10,96	91,28	7,14	11,49	91,53	11,23	10,61	91,78	23,30	17,25	89,41
75	71,99	9,20	83,76	4,57	3,47	9,40	83,40	2,63	10,34	83,54	4,06	8,84	83,91	10,16	12,43	82,15
53	63,40	8,80	73,63	0,73	0,77	8,98	73,32	1,83	9,35	73,52	2,24	7,63	73,92	3,22	10,53	72,42
38	53,76	8,20	62,30	0,98	0,99	8,35	62,04	1,61	8,36	62,26	1,48	6,73	62,63	0,51	10,19	61,19
25	41,62	7,20	48,07	1,30	1,26	7,36	47,86	1,53	7,18	48,07	0,94	6,01	48,33	0,38	9,88	47,03
20	35,96	6,70	41,45	1,40	1,38	6,86	41,27	1,51	6,64	41,46	0,75	5,75	41,66	1,17	9,43	40,49
15	29,72	6,20	34,13	1,26	1,51	6,25	33,99	1,51	6,04	34,15	0,56	5,53	34,28	2,67	8,28	33,37
10	22,92	5,40	26,20	1,86	1,65	5,52	26,09	1,50	5,40	26,20	0,37	5,37	26,23	5,23	5,84	25,83
1	0,00	0,00	0,00	3,72	3,72	0,00	0,00	3,72	0,00	0,00	3,72	0,00	0,00	3,72	0,00	0,00

Teste 38 – Abertura 150µm, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 18,9tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,93	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,83	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,74	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,92	99,70	100,00	100,00	99,35	99,70	100,00	100,00	99,71	100,00	100,00	99,69	100,00	100,00	99,69	100,00
425	99,83	99,40	100,00	100,00	98,42	99,40	100,00	100,00	99,43	100,00	100,00	99,39	100,00	99,90	99,38	100,00
300	98,51	94,60	100,00	100,00	96,18	94,71	99,93	100,00	94,84	100,00	100,00	94,49	100,00	98,57	94,50	99,97
212	92,12	72,18	99,70	96,60	90,98	73,26	99,14	100,00	72,69	100,00	99,76	70,90	99,98	91,56	72,58	99,24
150	84,77	50,47	97,80	81,27	79,46	51,70	97,06	97,89	47,72	99,78	83,39	48,19	98,30	73,87	52,22	96,62
106	78,10	38,37	93,19	49,96	56,99	37,68	93,13	49,44	36,29	95,04	45,55	36,94	93,33	49,27	39,91	92,00
75	70,75	31,47	85,67	25,86	26,51	30,50	85,72	20,07	31,17	86,79	26,25	29,80	85,90	28,05	32,19	84,79
53	62,86	28,17	76,05	11,52	8,45	28,04	75,81	13,42	27,51	77,19	17,35	24,74	76,97	14,93	27,78	75,64
38	53,28	24,77	64,11	9,77	7,80	25,28	63,69	11,60	23,65	65,29	12,39	20,34	65,47	9,04	24,53	63,74
25	41,15	20,27	49,08	10,21	9,76	20,91	48,67	10,91	19,06	50,10	8,32	16,60	50,23	7,72	21,02	48,47
20	35,31	18,07	41,86	10,38	10,65	18,62	41,52	10,78	16,88	42,78	6,73	15,15	42,77	8,61	19,14	41,20
15	29,24	15,57	34,44	11,35	11,62	16,02	34,16	10,70	14,63	35,17	5,12	14,00	34,89	10,72	16,71	33,81
10	23,15	12,97	27,02	11,75	12,68	13,17	26,86	10,66	12,38	27,52	3,47	13,22	26,83	14,58	13,38	26,71
1	0,00	0,00	0,00	15,42	15,42	0,00	0,00	15,42	0,00	0,00	15,42	0,00	0,00	15,42	0,00	0,00

Teste 39 – Abertura 150µm, %Sólidos 50% e taxa de alimentação 14,4tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,77	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,53	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,35	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,97	99,90	100,00	100,00	98,69	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00
425	99,88	99,60	100,00	100,00	97,41	99,61	100,00	100,00	99,61	100,00	100,00	99,60	100,00	99,99	99,60	100,00
300	99,66	98,90	100,00	100,00	95,00	98,93	99,98	100,00	98,94	100,00	100,00	98,90	100,00	99,74	98,90	100,00
212	98,80	96,30	99,90	91,97	90,54	96,35	99,86	100,00	96,21	100,00	99,85	96,06	100,00	97,23	96,16	99,96
150	92,47	78,34	98,70	86,82	82,30	79,17	98,26	99,67	76,33	99,97	90,35	77,31	99,12	86,88	78,25	98,77
106	84,81	61,70	94,99	66,41	67,74	62,04	94,71	72,57	58,79	96,89	62,17	61,68	94,95	65,85	61,80	94,99
75	77,74	51,79	89,17	42,88	46,36	51,23	89,27	33,24	51,37	89,98	41,59	52,03	89,01	42,44	52,02	89,12
53	70,41	45,58	81,34	25,87	24,47	45,30	81,32	21,58	46,38	81,56	29,72	44,88	81,59	25,59	45,90	81,25
38	62,19	41,08	71,49	16,76	14,01	41,51	71,18	18,33	41,63	71,73	22,21	38,89	72,40	17,00	41,35	71,41
25	45,61	34,08	50,69	12,91	13,94	33,88	50,71	17,09	32,70	51,61	15,48	30,47	52,25	13,91	33,83	50,83
20	41,18	31,88	45,28	15,18	14,90	31,70	45,30	16,85	30,34	46,21	12,73	28,62	46,68	14,24	31,77	45,34
15	36,17	29,17	39,25	16,50	15,96	29,06	39,26	16,71	27,70	40,10	9,83	27,00	40,19	15,94	29,17	39,27
10	30,57	25,67	32,73	19,12	17,08	25,91	32,60	16,64	24,76	33,27	6,77	25,76	32,68	19,59	25,59	32,77
1	0,00	0,00	0,00	25,68	25,68	0,00	0,00	25,68	0,00	0,00	25,68	0,00	0,00	25,68	0,00	0,00

Teste 40 – Abertura 150µm, %Sólidos 50% e taxa de alimentação 21,8tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,84	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,67	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,53	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,01	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,96	99,90	100,00	100,00	98,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00	100,00	99,90	100,00
300	99,34	98,20	100,00	100,00	96,06	98,22	99,96	100,00	98,27	100,00	100,00	98,18	100,00	99,95	98,23	100,00
212	96,18	89,79	99,90	97,99	92,42	90,09	99,59	100,00	90,01	100,00	99,92	89,54	100,00	99,08	89,89	99,95
150	89,21	73,55	98,30	85,48	85,39	73,47	98,00	99,92	71,76	99,99	93,01	71,74	99,23	93,11	72,54	99,18
106	79,84	55,13	94,19	72,26	72,20	54,60	93,94	83,13	51,36	97,43	68,11	54,24	94,53	75,31	53,70	95,49
75	71,67	43,41	88,08	52,65	51,38	42,88	87,75	41,21	42,55	89,66	47,28	43,64	87,75	49,90	42,81	88,94
53	63,93	36,51	79,85	32,76	28,28	36,77	79,09	25,97	37,28	80,39	34,49	36,32	79,77	29,52	36,70	80,22
38	56,16	32,31	70,01	19,87	16,29	33,24	68,96	21,66	32,87	70,54	26,15	30,74	70,74	19,11	32,74	70,17
25	42,54	28,11	50,92	11,33	16,15	27,10	51,16	20,02	25,73	52,92	18,49	23,83	53,27	16,02	26,91	51,89
20	38,36	25,71	45,70	21,09	17,32	25,08	45,77	19,71	23,57	47,49	15,30	22,08	47,69	17,04	25,01	46,34
15	33,67	22,80	39,98	22,76	18,59	22,65	39,83	19,53	21,18	41,39	11,89	20,55	41,20	20,02	22,50	40,36
10	28,35	19,20	33,66	24,86	19,96	19,68	33,19	19,43	18,47	34,45	8,24	19,35	33,52	25,79	18,84	34,04
1	0,00	0,00	0,00	24,88	24,88	0,00	0,00	24,88	0,00	0,00	24,88	0,00	0,00	24,88	0,00	0,00

Teste 41 – Abertura 150µm, %Sólidos 60% e taxa de alimentação 11,3tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,70	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,42	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,20	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	98,40	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	99,94	99,80	100,00	100,00	96,89	99,81	100,00	100,00	99,81	100,00	100,00	99,79	100,00	99,98	99,80	100,00
300	99,67	98,90	100,00	100,00	94,10	98,96	99,97	100,00	98,95	100,00	100,00	98,84	100,00	99,47	98,90	100,00
212	98,76	96,10	99,90	92,35	89,08	96,26	99,83	100,00	96,04	100,00	98,48	95,69	99,98	95,69	96,00	99,94
150	92,77	80,65	98,00	77,77	80,02	80,41	98,12	99,35	77,17	99,94	81,01	78,75	98,39	83,13	79,48	98,50
106	85,12	64,30	94,09	64,30	64,63	64,01	94,24	68,69	60,46	96,45	56,50	63,62	93,73	61,45	63,86	94,28
75	79,98	56,29	90,18	46,89	43,25	56,64	90,06	33,02	55,07	91,42	40,59	56,32	89,45	39,70	57,07	89,84
53	72,74	51,38	81,94	20,41	23,30	51,05	82,11	22,49	49,90	83,23	30,29	48,66	82,38	24,88	51,09	82,06
38	65,09	46,98	72,90	17,33	15,34	47,16	72,84	19,47	45,16	74,25	23,10	42,47	74,15	17,62	46,62	73,05
25	56,68	42,38	62,84	16,47	16,34	42,61	62,76	18,30	40,27	64,22	16,30	37,68	64,29	15,30	42,34	62,86
20	48,58	37,87	53,19	16,74	17,46	37,92	53,19	18,08	35,62	54,53	13,44	33,87	54,47	15,82	38,08	53,10
15	40,19	32,87	43,34	17,95	18,67	32,73	43,41	17,95	30,83	44,48	10,42	30,81	43,94	17,62	33,17	43,21
10	31,83	27,26	33,79	20,18	19,96	27,20	33,82	17,88	26,08	34,47	7,19	28,71	33,07	21,24	27,27	33,79
1	0,00	0,00	0,00	25,79	25,79	0,00	0,00	25,79	0,00	0,00	25,79	0,00	0,00	25,79	0,00	0,00

Teste 42 – Abertura 150µm, %Sólidos 60% e taxa de alimentação 15tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,31	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	98,78	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	98,39	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	99,93	99,80	100,00	100,00	97,14	99,80	100,00	100,00	99,81	100,00	100,00	99,79	100,00	100,00	99,80	100,00
425	99,90	99,70	100,00	100,00	95,07	99,71	99,99	100,00	99,71	100,00	100,00	99,69	100,00	99,98	99,70	100,00
300	99,77	99,30	100,00	100,00	91,74	99,34	99,98	100,00	99,32	100,00	99,96	99,27	100,00	99,54	99,30	100,00
212	98,77	96,50	99,90	93,34	86,42	96,72	99,78	100,00	96,41	100,00	95,82	96,26	99,94	96,15	96,42	99,94
150	92,88	83,46	97,60	73,90	77,83	82,86	97,83	99,47	79,43	99,95	77,23	82,04	97,97	84,64	81,49	98,59
106	85,70	69,33	93,89	65,61	64,53	68,82	94,02	72,05	64,39	96,89	57,88	69,02	93,53	64,24	67,65	94,73
75	76,48	55,30	87,07	50,73	46,95	55,71	86,72	36,34	54,66	87,94	44,43	56,18	86,00	43,17	55,71	86,87
53	70,50	49,99	80,75	29,58	29,39	50,38	80,41	25,06	50,31	81,10	34,51	49,72	80,24	28,36	50,63	80,44
38	62,30	45,29	70,81	19,14	19,27	45,60	70,54	21,76	45,13	71,32	26,95	42,80	71,45	20,74	45,53	70,69
25	51,86	40,49	57,55	15,34	17,45	40,09	57,67	20,48	38,92	58,66	19,37	36,47	59,08	17,79	39,96	57,82
20	44,61	36,38	48,72	18,85	18,29	36,07	48,82	20,24	34,66	49,83	16,10	32,81	50,14	17,92	36,06	48,88
15	36,95	31,88	39,48	19,61	19,34	31,58	39,59	20,09	30,19	40,50	12,57	29,79	40,30	19,19	31,65	39,60
10	29,12	26,47	30,45	23,03	20,47	26,73	30,30	20,02	25,64	30,95	8,74	27,65	29,81	22,09	26,47	30,45
1	0,00	0,00	0,00	30,31	30,31	0,00	0,00	30,31	0,00	0,00	30,31	0,00	0,00	30,31	0,00	0,00

Teste 43 – Abertura 150 μ m, %Sólidos 60% e taxa de alimentação 21,5tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,95	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	99,89	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	99,84	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	99,61	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	100,00	100,00	100,00	100,00	99,07	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00
300	99,84	99,60	100,00	100,00	97,86	99,60	99,99	100,00	99,60	100,00	100,00	99,59	100,00	99,72	99,60	100,00
212	84,22	61,00	100,00	100,00	95,23	62,34	98,75	100,00	61,29	100,00	98,93	60,62	99,72	97,15	61,63	99,26
150	81,58	55,80	99,10	79,71	89,30	56,43	98,28	99,66	54,82	99,98	84,48	54,99	99,04	87,02	55,88	98,69
106	76,74	47,68	96,50	67,94	76,16	47,21	96,37	74,99	45,93	97,94	61,40	47,50	95,95	67,00	47,77	96,03
75	69,72	38,87	90,69	50,76	52,25	38,01	90,78	37,38	39,49	90,52	45,19	39,49	89,57	44,88	39,89	89,58
53	61,56	33,46	80,66	26,81	24,93	32,91	80,59	25,18	34,45	80,22	34,28	32,44	80,69	28,83	34,00	79,91
38	53,14	29,46	69,22	19,22	14,62	29,82	68,62	21,65	29,97	69,07	26,48	26,81	70,43	20,50	29,68	68,75
25	42,12	24,66	53,98	17,63	16,89	25,16	53,38	20,28	24,49	54,24	18,91	21,56	55,62	17,31	24,91	53,57
20	37,01	22,36	46,96	18,22	18,39	22,81	46,44	20,03	21,98	47,35	15,68	19,54	48,48	17,47	22,67	46,55
15	31,16	19,56	39,04	19,38	20,02	19,87	38,65	19,87	19,13	39,43	12,22	17,73	39,98	18,91	19,91	38,65
10	24,39	15,96	30,12	21,53	21,80	16,17	29,84	19,79	15,84	30,27	8,48	16,28	29,71	22,14	16,15	29,87
1	0,00	0,00	0,00	26,47	26,47	0,00	0,00	26,47	0,00	0,00	26,47	0,00	0,00	26,47	0,00	0,00

Teste 44 – Abertura 150µm, %Sólidos 60% e taxa de alimentação 25,7tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(X) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,24	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	98,79	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	98,50	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	97,72	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	100,00	100,00	100,00	100,00	96,93	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
300	100,00	100,00	100,00	100,00	96,42	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
212	99,75	99,50	100,00	100,00	96,13	99,52	99,98	100,00	99,50	100,00	100,00	99,50	100,00	100,00	99,50	100,00
150	99,60	99,20	100,00	100,00	95,22	99,24	99,97	100,00	99,20	100,00	99,99	99,19	100,00	99,94	99,19	100,00
106	99,10	98,20	100,00	100,00	92,23	98,32	99,89	100,00	98,20	100,00	98,13	98,20	99,98	98,90	98,20	99,99
75	97,80	95,89	99,70	88,41	85,78	96,10	99,52	98,39	95,63	99,96	87,78	95,90	99,67	92,18	95,77	99,79
53	89,30	82,26	96,29	79,88	75,22	83,35	95,29	76,51	82,55	95,98	73,89	83,19	95,28	74,94	82,89	95,57
38	84,94	77,64	92,18	52,70	62,39	77,92	92,00	54,25	77,79	92,01	62,40	77,68	92,03	56,22	77,93	91,79
25	73,50	67,27	79,68	45,16	47,44	67,10	79,94	43,75	67,74	79,20	50,10	66,09	80,74	43,14	67,95	78,93
20	64,18	59,74	68,59	40,31	42,38	59,23	69,16	41,74	59,92	68,40	44,14	57,77	70,45	40,13	60,38	67,89
15	52,23	50,48	53,96	38,57	39,60	49,79	54,68	40,54	50,18	54,25	36,98	48,83	55,55	39,55	50,82	53,60
10	45,28	44,55	46,01	42,54	39,97	44,26	46,32	39,92	44,61	45,95	28,02	44,89	45,67	42,23	44,89	45,67
1	0,00	0,00	0,00	49,01	49,01	0,00	0,00	49,01	0,00	0,00	49,01	0,00	0,00	49,01	0,00	0,00

Teste 45 – Abertura 150µm, %Sólidos 60% e taxa de alimentação 28,9tph.

X (mm)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular			MOD - Rogers			MOD - Batterham		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - EXP	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)
1400	100,00	100,00	100,00	100,00	99,32	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1000	100,00	100,00	100,00	100,00	98,83	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
850	100,00	100,00	100,00	100,00	98,48	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
600	100,00	100,00	100,00	100,00	97,41	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
425	100,00	100,00	100,00	100,00	95,88	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
300	100,00	100,00	100,00	100,00	93,91	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,81	100,00	100,00	99,88	100,00	100,00
212	99,35	98,50	100,00	100,00	91,27	98,63	99,90	100,00	98,52	100,00	96,21	98,55	99,96	98,59	98,52	99,98
150	98,49	96,80	99,80	86,81	86,89	96,93	99,70	99,71	96,60	100,00	87,37	96,84	99,76	92,79	96,71	99,87
106	96,65	93,49	99,10	78,50	79,05	93,61	99,02	85,59	93,06	99,52	77,70	93,57	99,04	79,64	93,37	99,21
75	93,39	88,48	97,20	67,09	66,81	88,62	97,10	58,65	88,75	97,10	68,63	88,43	97,23	62,91	88,68	97,06
53	87,67	81,96	92,08	49,65	52,00	81,80	92,22	46,04	82,81	91,54	59,71	80,59	93,14	49,17	82,25	91,88
38	78,81	73,73	82,75	40,53	40,64	73,57	82,88	41,73	74,48	82,27	51,16	70,20	85,47	41,28	73,90	82,64
25	51,18	50,34	51,82	36,92	36,47	50,49	51,71	39,97	49,57	52,45	40,65	44,42	56,40	37,69	50,09	52,02
20	44,64	44,83	44,50	36,79	37,52	44,88	44,45	39,63	43,73	45,36	35,37	39,11	48,91	37,49	44,49	44,75
15	37,01	38,11	36,16	38,41	39,44	37,99	36,25	39,42	36,96	37,06	29,08	34,02	39,32	38,43	37,79	36,40
10	28,24	29,68	27,13	41,91	41,62	29,63	27,16	39,32	29,18	27,49	21,46	29,70	27,11	40,98	29,58	27,20
1	0,00	0,00	0,00	45,84	45,84	0,00	0,00	45,84	0,00	0,00	45,84	0,00	0,00	45,84	0,00	0,00

ANEXO II – Resultados dos Ensaaios descritos no Capítulo 3

Teste 1 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 50% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,82	99,39	99,99	95,97	95,28	99,40	99,99	100,00	99,36	100,00	
600	99,40	97,99	99,95	93,23	90,60	98,05	99,93	100,00	97,85	100,00	
425	97,29	91,25	99,66	90,10	82,11	91,95	99,41	99,69	90,35	99,99	
300	91,08	74,40	97,62	76,38	67,46	77,17	96,59	73,63	73,99	97,72	
250	85,08	63,58	93,50	50,69	56,94	65,11	92,98	48,47	63,58	93,43	
212	78,72	56,10	87,58	33,13	46,15	54,76	88,20	34,43	55,75	87,64	
150	61,13	41,05	68,99	24,07	24,53	39,53	69,67	22,57	41,55	68,73	
106	47,21	31,74	53,27	18,82	14,73	32,29	53,11	19,13	32,02	53,11	
75	35,22	24,55	39,39	16,85	16,26	25,41	39,10	18,02	24,29	39,46	
53	28,76	20,68	31,92	16,87	19,51	20,96	31,84	17,63	20,22	32,07	
38	22,50	16,19	24,96	20,17	22,12	16,08	25,04	17,50	16,30	24,90	

Teste 2 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 50% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,80	99,29	99,99	96,34	94,37	99,31	99,98	100,00	99,27	100,00	
600	99,40	97,95	99,94	90,86	89,26	98,01	99,93	100,00	97,82	100,00	
425	97,29	91,17	99,55	86,56	80,38	91,81	99,36	99,73	90,15	99,99	
300	91,10	74,36	97,29	73,36	65,74	76,95	96,44	74,01	73,48	97,78	
250	85,20	63,64	93,18	49,03	55,53	64,98	92,82	48,36	63,09	93,58	
212	79,07	55,76	87,69	34,69	45,22	54,85	88,20	34,04	55,49	88,00	
150	61,13	40,45	68,78	23,04	24,59	38,74	69,57	22,04	41,09	68,72	
106	47,68	31,25	53,75	18,45	14,31	31,70	53,70	18,59	31,98	53,62	
75	35,60	24,22	39,80	15,71	14,84	25,15	39,53	17,48	24,29	39,88	
53	29,06	20,45	32,24	15,57	17,57	20,95	32,11	17,10	20,21	32,41	
38	22,52	16,45	24,76	16,49	19,78	16,23	24,89	16,97	16,17	24,92	

Teste 3 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 50% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,81	99,37	99,98	92,40	95,20	99,36	99,99	100,00	99,31	100,00	
600	99,40	98,01	99,94	92,94	90,47	98,04	99,93	100,00	97,84	100,00	
425	97,27	91,08	99,66	90,53	81,89	91,84	99,40	99,69	90,19	99,99	
300	91,32	74,84	97,67	75,90	67,15	77,59	96,68	73,34	74,42	97,79	
250	85,35	64,30	93,46	49,10	56,59	65,56	93,07	48,13	64,05	93,51	
212	79,13	56,53	87,84	34,76	45,79	55,41	88,38	34,13	56,39	87,84	
150	60,54	40,88	68,12	23,43	24,24	39,36	68,80	22,35	41,40	67,87	
106	46,87	31,79	52,68	18,50	14,53	32,29	52,56	18,93	32,06	52,55	
75	34,58	24,43	38,50	16,68	16,04	25,27	38,22	17,83	24,15	38,58	
53	27,89	20,32	30,81	17,08	19,23	20,69	30,70	17,45	19,93	30,94	
38	21,52	15,89	23,69	19,36	21,80	15,74	23,78	17,32	15,95	23,65	

Teste 4 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 50% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)
850	99,84	99,57	99,99	96,00	94,46	99,58	99,99	100,00	99,54	100,00
600	99,45	98,54	99,96	95,01	89,76	98,61	99,92	100,00	98,45	100,00
425	97,52	93,51	99,74	92,66	81,94	94,22	99,38	99,27	93,00	99,98
300	91,74	80,68	97,87	79,14	69,37	83,09	96,61	73,49	80,95	97,61
250	85,81	71,86	93,53	52,92	60,61	73,11	92,96	53,23	71,99	93,33
212	79,60	64,91	87,73	39,86	51,65	64,20	88,27	41,40	64,69	87,71
150	61,43	48,94	68,34	31,31	33,03	47,54	69,25	30,39	49,02	68,18
106	47,42	38,32	52,46	27,00	22,97	38,61	52,38	26,90	38,32	52,37
75	35,10	29,59	38,14	25,22	24,08	30,37	37,76	25,74	29,32	38,24
53	28,48	24,82	30,51	25,71	28,28	25,18	30,35	25,33	24,57	30,62
38	22,19	19,85	23,48	28,13	31,75	19,63	23,63	25,19	20,06	23,34

Teste 5 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 50% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,83	99,56	99,99	96,05	95,66	99,57	99,99	100,00	99,53	100,00	
600	99,46	98,63	99,96	94,85	91,57	98,67	99,94	100,00	98,52	100,00	
425	97,52	93,75	99,75	93,19	84,42	94,29	99,46	99,39	93,21	99,98	
300	91,75	81,10	98,03	81,30	72,29	83,13	96,90	75,53	81,20	97,76	
250	85,86	71,98	94,06	57,52	63,46	73,14	93,46	55,49	72,21	93,65	
212	79,65	64,66	88,50	43,73	54,17	64,15	88,91	43,40	64,78	88,13	
150	61,42	48,75	68,89	32,37	34,31	47,42	69,78	31,95	48,74	68,65	
106	47,34	38,02	52,84	28,30	23,95	38,41	52,68	28,29	37,77	52,80	
75	35,14	29,24	38,63	26,71	26,06	29,91	38,27	27,06	28,68	38,83	
53	28,79	24,40	31,38	28,28	31,08	24,63	31,28	26,64	24,02	31,51	
38	23,14	19,47	25,30	32,36	35,17	19,32	25,42	26,49	19,90	24,99	

Teste 6 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 50% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	EXP			E(x) - Bal	MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)		E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)
850	99,82	99,55	100,00	98,91	95,23	99,57	99,99	100,00	99,54	100,00
600	99,44	98,63	99,97	95,26	91,10	98,70	99,93	100,00	98,56	100,00
425	97,53	94,12	99,77	93,65	84,18	94,69	99,43	99,44	93,71	99,98
300	91,78	82,40	97,93	80,69	72,85	84,21	96,83	77,33	82,33	97,84
250	86,02	73,62	94,13	60,22	64,72	74,88	93,44	58,07	73,77	93,88
212	79,75	66,37	88,51	45,81	56,19	66,06	88,86	46,07	66,38	88,33
150	61,61	50,35	68,99	34,95	37,56	49,02	70,00	34,41	50,41	68,80
106	47,52	39,45	52,81	30,61	26,55	39,66	52,76	30,61	39,37	52,75
75	35,23	30,50	38,33	28,80	27,52	31,20	37,91	29,33	30,14	38,49
53	28,71	25,58	30,76	29,84	32,36	25,92	30,56	28,89	25,32	30,88
38	22,61	20,58	23,94	32,49	36,40	20,37	24,10	28,73	20,84	23,74

Teste 7 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,85	98,51	99,99	93,78	95,03	99,13	99,99	100,00	98,91	100,00	
600	99,52	95,06	99,97	94,56	89,73	97,25	99,95	100,00	96,42	100,00	
425	97,65	76,78	99,76	89,77	79,61	87,93	99,50	99,30	82,60	99,99	
300	91,63	43,29	96,50	50,92	61,75	64,57	96,76	52,00	59,22	96,64	
250	85,47	32,57	90,80	15,94	49,07	45,60	93,02	26,20	47,17	91,39	
212	79,10	26,38	84,42	8,91	36,43	31,05	88,21	16,34	39,42	85,25	
150	60,51	17,00	64,90	4,62	13,18	15,67	69,01	9,65	26,03	65,85	
106	46,58	12,01	50,07	3,28	4,40	11,83	53,17	7,94	17,79	51,04	
75	34,12	9,01	36,65	2,21	4,63	8,21	39,03	7,40	10,90	37,71	
53	27,55	7,59	29,57	1,98	5,60	5,90	31,66	7,22	7,37	30,68	
38	21,54	6,08	23,10	2,30	6,38	3,50	24,96	7,16	4,15	24,23	

Teste 8 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,88	99,32	99,97	79,56	93,31	99,41	99,99	100,00	99,21	100,00	
600	99,53	97,57	99,86	73,20	87,07	97,87	99,93	100,00	97,00	100,00	
425	97,60	88,52	99,15	68,64	76,14	90,45	99,36	99,10	84,89	99,98	
300	91,68	66,98	95,90	53,02	58,47	72,89	96,30	52,96	64,97	96,67	
250	85,49	54,51	90,78	29,39	46,73	58,23	92,19	28,31	53,85	91,41	
212	79,05	46,61	84,59	17,88	35,53	46,63	87,02	18,38	46,33	85,17	
150	60,76	31,86	65,69	11,75	16,14	31,66	67,91	11,33	33,16	65,91	
106	46,61	23,61	50,54	8,51	9,72	24,69	52,00	9,46	24,67	50,71	
75	34,64	17,80	37,52	7,07	11,25	17,86	38,76	8,87	17,92	37,77	
53	28,18	14,95	30,44	6,44	13,42	13,46	31,79	8,67	14,36	30,76	
38	22,16	11,96	23,90	7,24	15,15	8,84	25,43	8,60	11,08	24,23	

Teste 9 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	Bilco			E(x) - Bal	MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)		E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)
850	99,88	99,48	100,00	97,46	94,57	99,50	99,99	100,00	99,47	100,00
600	99,56	98,09	99,99	97,58	89,23	98,24	99,95	100,00	98,07	100,00
425	97,76	90,70	99,81	92,25	79,57	91,93	99,47	99,82	90,18	100,00
300	91,86	71,61	97,74	72,79	63,19	75,52	96,66	72,90	71,31	97,93
250	85,60	59,72	93,12	42,77	51,75	61,27	92,76	44,19	59,18	93,40
212	79,13	51,64	87,11	28,10	40,37	49,77	87,76	29,13	50,91	87,46
150	60,00	35,56	67,09	18,91	18,95	33,81	67,70	17,50	36,22	67,02
106	46,45	26,83	52,14	14,49	10,34	27,64	51,97	14,37	27,68	51,99
75	34,09	20,38	38,06	11,74	11,52	21,37	37,82	13,38	20,42	38,12
53	27,69	17,14	30,75	11,38	13,81	17,48	30,69	13,04	16,76	30,91
38	22,11	13,78	24,53	13,58	15,64	13,64	24,60	12,93	13,60	24,62

Teste 10 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	Bilco				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,90	99,71	99,99	93,01	92,90	99,71	99,99	100,00	99,69	100,00	
600	99,64	98,95	99,95	89,71	87,51	98,98	99,94	100,00	98,85	100,00	
425	98,04	94,41	99,70	89,21	78,98	95,01	99,45	99,50	93,80	99,99	
300	92,70	81,53	97,79	75,45	65,96	83,88	96,79	74,04	81,23	97,96	
250	86,53	71,46	93,40	51,12	57,25	72,73	92,93	51,97	71,04	93,64	
212	80,31	63,73	87,86	38,86	48,56	63,18	88,24	39,17	63,29	88,12	
150	61,75	46,56	68,68	28,99	30,86	45,11	69,47	27,60	47,01	68,52	
106	47,89	35,81	53,40	24,28	20,63	36,08	53,37	24,04	36,41	53,16	
75	35,22	27,23	38,86	21,19	20,28	27,96	38,58	22,87	27,20	38,90	
53	28,12	22,38	30,74	21,39	23,35	22,73	30,62	22,46	22,13	30,87	
38	21,62	17,60	23,45	23,02	25,98	17,40	23,58	22,32	17,52	23,50	

Teste 11 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,90	99,73	100,00	98,72	94,73	99,74	99,99	100,00	99,72	100,00	
600	99,63	99,01	99,98	95,32	90,29	99,07	99,95	100,00	98,97	100,00	
425	97,98	94,83	99,78	92,26	82,96	95,34	99,51	99,55	94,40	99,99	
300	92,57	82,95	98,06	79,72	71,14	84,84	97,04	77,50	82,75	98,09	
250	86,71	73,50	94,25	58,58	62,79	74,79	93,60	57,06	73,45	94,16	
212	80,43	65,80	88,77	44,46	54,15	65,50	89,06	44,37	65,70	88,70	
150	61,61	48,66	68,99	33,06	35,56	47,23	69,92	32,27	48,81	68,80	
106	47,87	37,69	53,68	29,00	24,52	38,03	53,56	28,41	37,95	53,44	
75	35,59	29,05	39,32	25,54	24,91	29,68	39,01	27,12	28,69	39,47	
53	28,75	23,93	31,49	27,12	29,13	24,24	31,36	26,67	23,61	31,63	
38	22,49	18,82	24,59	29,67	32,68	18,66	24,71	26,52	19,00	24,45	

Teste 12 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,89	99,73	99,99	91,61	94,84	99,72	99,99	100,00	99,70	100,00	
600	99,61	99,04	99,94	91,14	90,56	99,05	99,95	100,00	98,95	100,00	
425	98,02	95,19	99,72	91,32	83,54	95,56	99,53	99,66	94,73	99,99	
300	92,51	83,46	97,96	80,00	72,24	85,07	97,06	79,62	83,01	98,20	
250	86,55	74,06	94,08	59,38	64,22	74,99	93,63	59,35	73,57	94,33	
212	80,59	66,21	89,25	49,44	55,84	66,22	89,38	46,29	66,20	89,21	
150	61,78	48,87	69,55	34,66	37,43	47,66	70,41	33,61	49,31	69,24	
106	47,88	38,09	53,77	29,16	25,75	38,23	53,78	29,53	38,35	53,58	
75	35,39	29,21	39,12	26,73	25,51	29,84	38,79	28,16	28,96	39,24	
53	28,41	24,07	31,03	27,67	29,66	24,38	30,87	27,69	23,80	31,17	
38	22,40	19,31	24,27	29,80	33,24	19,12	24,41	27,53	19,38	24,21	

Teste 13 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)
850	99,94	99,82	99,99	91,53	93,38	99,82	99,99	100,00	99,81	100,00
600	99,76	99,23	99,98	96,16	88,25	99,28	99,96	100,00	99,20	100,00
425	98,52	95,43	99,82	90,95	79,98	95,97	99,61	99,82	95,08	100,00
300	93,86	83,44	98,26	76,45	67,12	85,57	97,42	79,29	82,81	98,62
250	88,35	73,61	94,58	53,07	58,38	74,87	94,14	55,26	72,70	95,09
212	82,60	65,89	89,66	39,87	49,54	65,39	89,99	40,25	65,01	90,17
150	64,52	47,88	71,56	29,62	31,00	46,74	72,16	26,76	48,95	71,23
106	50,25	37,38	55,69	21,86	19,50	37,48	55,73	22,72	38,18	55,44
75	37,38	28,98	40,93	19,40	18,28	29,65	40,70	21,41	29,03	40,97
53	30,18	24,28	32,67	19,39	20,96	24,63	32,56	20,95	24,02	32,83
38	23,56	19,70	25,19	20,57	23,35	19,49	25,31	20,80	19,45	25,33

Teste 14 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,93	99,79	99,99	90,84	94,30	99,78	99,99	100,00	99,77	100,00	
600	99,75	99,21	99,98	96,03	89,47	99,26	99,97	100,00	99,17	100,00	
425	98,58	95,51	99,87	93,40	81,38	96,09	99,65	99,70	95,23	99,99	
300	94,15	83,99	98,42	76,91	68,34	86,05	97,65	77,15	83,73	98,56	
250	88,71	73,65	95,03	56,13	59,27	75,33	94,47	54,22	73,78	95,01	
212	83,10	66,16	90,21	39,49	50,02	66,02	90,46	40,32	66,17	90,25	
150	64,28	48,61	70,86	27,57	30,76	46,81	71,82	27,71	48,62	70,90	
106	50,62	37,92	55,95	23,14	19,98	37,75	56,17	23,87	37,64	56,10	
75	41,30	30,13	45,99	24,71	20,26	31,48	45,54	22,60	30,55	45,85	
53	34,24	25,29	37,99	20,25	23,73	25,92	37,82	22,17	25,27	38,02	
38	27,65	20,48	30,66	21,60	26,62	20,10	30,90	22,02	20,39	30,72	

Teste 15 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,93	99,79	99,99	89,18	93,77	99,79	99,99	100,00	99,77	100,00	
600	99,75	99,19	99,97	92,26	88,66	99,22	99,96	100,00	99,12	100,00	
425	98,58	95,43	99,82	90,82	80,24	95,95	99,64	99,75	95,04	100,00	
300	94,16	83,75	98,27	74,73	66,91	85,69	97,59	77,30	83,10	98,59	
250	88,92	73,59	94,96	54,76	57,77	75,15	94,48	53,41	73,30	95,17	
212	83,10	65,53	90,03	39,20	48,53	65,36	90,28	39,00	65,37	90,20	
150	64,38	47,76	70,93	26,82	29,49	46,16	71,74	26,18	48,21	70,85	
106	50,31	37,30	55,44	21,02	18,65	37,05	55,67	22,35	37,22	55,55	
75	40,42	29,42	44,75	22,51	18,41	30,72	44,34	21,10	29,92	44,62	
53	33,20	24,81	36,50	18,06	21,42	25,35	36,37	20,66	24,70	36,60	
38	26,39	20,04	28,90	19,80	23,96	19,68	29,10	20,52	19,82	29,03	

Teste 16 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,90	99,76	99,98	86,39	93,73	99,74	99,99	100,00	99,72	100,00	
600	99,72	99,29	99,94	85,84	88,76	99,26	99,96	100,00	99,17	100,00	
425	98,55	96,12	99,80	92,12	80,77	96,51	99,61	99,46	95,72	99,99	
300	94,07	85,95	98,26	77,34	68,32	87,63	97,45	75,40	85,74	98,33	
250	88,66	77,21	94,58	55,11	59,82	78,24	94,13	54,54	77,01	94,61	
212	82,84	69,75	89,60	43,65	51,22	69,60	89,80	42,05	69,78	89,51	
150	64,52	53,05	70,45	31,07	33,41	51,84	71,19	30,41	53,32	70,25	
106	51,12	42,66	55,50	26,44	23,27	42,80	55,50	26,73	42,73	55,41	
75	38,28	33,27	40,86	24,91	23,63	33,99	40,53	25,51	33,04	40,95	
53	30,95	27,86	32,54	25,16	27,43	28,16	32,41	25,08	27,61	32,65	
38	24,52	22,70	25,46	27,36	30,64	22,45	25,61	24,94	22,87	25,36	

Teste 17 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	Bilco				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,91	99,79	99,98	86,60	94,47	99,77	99,99	100,00	99,75	100,00	
600	99,70	99,30	99,95	90,69	90,09	99,29	99,96	100,00	99,22	100,00	
425	98,51	96,35	99,81	92,68	83,06	96,69	99,63	99,72	96,06	99,99	
300	93,93	86,61	98,33	79,90	71,96	88,05	97,55	80,98	86,20	98,60	
250	88,59	77,82	95,07	61,80	64,19	79,06	94,46	60,83	77,58	95,24	
212	82,61	70,03	90,17	48,94	56,10	70,27	90,22	47,50	70,04	90,20	
150	63,79	52,70	70,47	34,62	38,34	51,36	71,46	34,40	52,86	70,40	
106	50,86	42,26	56,04	30,33	26,73	42,30	56,14	30,17	42,51	55,91	
75	37,99	32,78	41,12	27,68	26,05	33,51	40,75	28,76	32,68	41,19	
53	30,67	27,20	32,77	28,68	30,02	27,75	32,48	28,26	27,19	32,78	
38	24,40	22,58	25,50	27,68	33,55	22,24	25,74	28,09	22,52	25,54	

Teste 18 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,92	99,78	99,99	92,21	93,63	99,78	99,99	100,00	99,76	100,00	
600	99,75	99,36	99,96	88,21	88,84	99,36	99,96	100,00	99,29	100,00	
425	98,68	96,58	99,80	90,31	81,32	96,88	99,65	99,72	96,21	100,00	
300	94,46	87,15	98,38	78,03	69,75	88,52	97,69	79,96	86,55	98,70	
250	89,61	79,07	95,25	58,07	61,83	79,98	94,83	58,86	78,36	95,63	
212	83,74	71,38	90,36	45,72	53,74	71,01	90,64	45,23	70,75	90,70	
150	65,95	53,20	72,79	35,65	36,33	52,63	73,18	32,17	54,33	72,17	
106	52,32	43,04	57,29	25,98	24,97	42,95	57,40	28,03	43,37	57,11	
75	39,19	33,60	42,18	25,07	23,81	34,05	41,97	26,65	33,34	42,32	
53	31,67	27,97	33,66	26,13	27,16	28,25	33,53	26,17	27,70	33,80	
38	25,14	22,82	26,39	27,54	30,22	22,63	26,50	26,01	22,82	26,38	

Teste 19 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,84	99,46	99,99	95,46	93,01	99,48	99,98	100,00	99,43	100,00	
600	99,43	98,16	99,93	89,51	86,91	98,23	99,91	100,00	97,96	100,00	
425	97,43	91,94	99,59	87,76	76,56	92,84	99,25	98,43	90,87	99,96	
300	91,47	78,13	96,71	65,30	60,06	80,22	95,93	60,89	77,79	96,73	
250	85,62	69,24	92,06	42,90	49,14	70,12	91,78	40,08	69,37	91,88	
212	77,68	60,69	84,36	30,38	38,75	59,28	84,98	29,84	60,84	84,16	
150	60,75	47,80	65,84	21,48	20,81	46,88	66,26	21,21	47,91	65,69	
106	48,69	39,64	52,25	19,07	15,16	40,44	51,97	18,63	39,83	52,10	
75	35,88	32,21	37,32	16,36	17,28	32,65	37,16	17,78	31,63	37,52	
53	29,08	27,73	29,61	18,59	19,96	27,87	29,56	17,48	27,35	29,75	
38	22,25	22,73	22,06	20,63	22,03	22,57	22,12	17,38	23,08	21,93	

Teste 20 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,83	99,45	99,98	91,35	89,86	99,47	99,98	100,00	99,40	100,00	
600	99,44	98,26	99,90	85,13	82,72	98,31	99,88	100,00	97,98	100,00	
425	97,43	92,63	99,28	77,82	71,82	93,15	99,10	96,62	90,93	99,91	
300	91,41	79,59	95,96	60,14	56,17	81,05	95,43	55,95	78,69	96,24	
250	85,50	70,45	91,29	43,01	46,52	71,23	91,04	38,41	70,46	91,22	
212	77,52	61,55	83,67	31,02	37,66	60,49	84,14	29,87	61,81	83,49	
150	60,27	47,26	65,28	23,02	22,58	46,57	65,59	22,47	47,74	65,03	
106	48,04	38,48	51,72	19,96	17,08	39,10	51,51	20,18	38,78	51,56	
75	35,32	30,51	37,17	17,42	18,52	30,68	37,12	19,42	29,82	37,41	
53	28,73	25,56	29,95	20,90	20,98	25,75	29,89	19,15	25,24	30,06	
38	22,23	20,57	22,88	21,35	22,89	20,43	22,93	19,06	20,75	22,80	

Teste 21 – Abertura 250 μ m, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)
850	99,86	99,60	99,99	95,31	93,82	99,60	99,99	100,00	99,57	100,00
600	99,47	98,49	99,96	94,86	88,59	98,58	99,92	100,00	98,38	100,00
425	97,50	93,05	99,74	92,56	79,81	93,91	99,32	98,80	92,46	99,96
300	91,53	80,26	97,20	71,69	65,57	82,27	96,22	67,87	80,14	97,11
250	85,42	71,05	92,64	50,36	55,79	72,13	92,15	47,77	71,25	92,35
212	77,44	62,31	85,04	36,65	46,09	61,19	85,67	36,87	62,29	84,85
150	60,54	48,40	66,64	27,54	27,72	47,26	67,26	27,08	48,36	66,50
106	48,08	39,00	52,64	25,23	20,24	39,76	52,29	24,03	39,24	52,40
75	35,37	30,89	37,63	21,34	22,27	31,35	37,41	23,01	30,35	37,83
53	28,71	26,18	29,98	23,64	25,66	26,26	29,95	22,66	25,75	30,16
38	22,26	20,94	22,92	27,15	28,30	20,83	22,98	22,54	21,32	22,71

Teste 22 – Abertura 300 μ m, %Sólidos 50% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,86	99,69	99,99	95,91	93,65	99,70	99,98	100,00	99,67	100,00	
600	99,52	98,97	99,94	91,74	89,19	99,00	99,92	100,00	98,87	100,00	
425	97,72	95,21	99,63	90,25	82,33	95,60	99,35	98,56	94,71	99,95	
300	92,14	85,32	97,36	76,91	71,58	86,47	96,54	73,95	85,05	97,42	
250	86,42	77,29	93,40	60,81	64,10	78,07	92,89	57,85	77,30	93,21	
212	78,54	68,07	86,54	50,69	56,45	67,88	86,80	48,18	68,40	86,08	
150	61,68	53,10	68,24	38,51	40,54	52,24	69,00	38,55	53,18	68,01	
106	48,57	42,49	53,22	35,09	31,82	42,69	53,13	35,30	42,34	53,21	
75	35,94	32,76	38,38	33,40	33,00	33,15	38,11	34,19	32,23	38,71	
53	29,19	27,14	30,76	36,06	37,34	27,38	30,59	33,80	26,88	30,91	
38	22,51	21,29	23,45	37,98	40,90	21,13	23,59	33,66	21,62	23,18	

Teste 23 – Abertura 300 μ m, %Sólidos 50% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,88	99,75	99,99	95,75	94,11	99,75	99,99	100,00	99,73	100,00	
600	99,55	99,11	99,95	93,48	90,02	99,15	99,92	100,00	99,04	100,00	
425	97,76	95,66	99,64	90,90	83,82	95,99	99,37	98,58	95,23	99,95	
300	92,17	86,27	97,47	79,53	74,00	87,31	96,60	75,98	86,10	97,45	
250	86,38	78,52	93,43	63,19	67,02	79,15	92,95	60,96	78,49	93,22	
212	78,52	69,48	86,64	54,43	59,77	69,29	86,92	51,68	69,75	86,13	
150	61,56	54,05	68,30	43,01	44,26	53,52	68,87	42,20	54,34	67,82	
106	48,47	43,83	52,62	36,90	35,43	43,77	52,73	38,93	43,37	52,89	
75	35,94	33,66	37,99	38,40	36,74	34,11	37,60	37,80	33,18	38,34	
53	29,24	28,08	30,29	39,37	41,57	28,26	30,14	37,40	27,78	30,51	
38	22,63	22,09	23,12	42,87	45,56	21,93	23,27	37,27	22,48	22,76	

Teste 24 – Abertura 300 μ m, %Sólidos 50% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,88	99,76	99,99	95,85	94,33	99,76	99,99	100,00	99,74	100,00	
600	99,56	99,14	99,95	93,62	90,50	99,17	99,93	100,00	99,07	100,00	
425	97,83	95,87	99,68	92,00	84,76	96,18	99,41	99,06	95,50	99,97	
300	92,33	86,83	97,56	80,22	75,61	87,70	96,78	79,10	86,44	97,76	
250	86,59	78,96	93,83	66,67	69,02	79,60	93,29	63,91	78,79	93,78	
212	78,72	69,67	87,31	57,51	62,07	69,64	87,45	54,10	69,92	86,84	
150	62,23	54,55	69,52	44,66	46,68	53,92	70,21	43,88	54,84	69,05	
106	48,96	43,85	53,81	39,29	36,99	43,90	53,82	40,32	43,69	53,83	
75	36,19	33,80	38,46	38,35	37,45	34,14	38,16	39,10	33,28	38,87	
53	29,34	28,07	30,55	40,76	42,14	28,25	30,39	38,66	27,76	30,80	
38	22,53	21,95	23,07	43,72	46,15	21,83	23,20	38,51	22,29	22,75	

Teste 25 – Abertura 300 μ m, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,91	99,78	99,99	93,25	95,36	99,78	99,99	100,00	99,76	100,00	
600	99,61	99,09	99,94	89,75	91,27	99,08	99,95	100,00	98,97	100,00	
425	97,88	95,15	99,61	88,34	84,24	95,33	99,50	99,43	94,44	99,98	
300	92,31	84,15	97,46	76,38	72,18	84,98	96,97	76,43	83,21	97,87	
250	86,40	74,67	93,80	62,07	63,35	75,35	93,42	56,62	74,38	93,74	
212	78,42	64,58	87,16	48,97	54,08	64,25	87,43	44,50	65,02	86,60	
150	60,51	48,81	67,90	34,10	34,63	48,30	68,28	32,89	49,49	67,25	
106	47,57	39,89	52,41	26,67	24,92	40,00	52,38	29,16	39,53	52,47	
75	35,06	30,99	37,63	27,55	26,80	31,37	37,40	27,90	30,33	37,95	
53	28,31	25,92	29,81	29,04	31,01	25,99	29,78	27,47	25,44	30,06	
38	21,79	20,32	22,72	33,31	34,34	20,23	22,78	27,32	20,74	22,43	

Teste 26 – Abertura 300 μ m, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,90	99,77	100,00	99,39	95,21	99,78	99,99	100,00	99,76	100,00	
600	99,60	99,08	99,97	94,23	91,33	99,11	99,95	100,00	99,02	100,00	
425	97,87	95,22	99,74	92,23	84,90	95,58	99,50	99,55	94,80	99,99	
300	92,22	84,22	97,89	80,76	74,07	85,54	96,99	79,62	83,80	98,04	
250	86,55	75,59	94,31	63,12	66,12	76,54	93,70	60,87	75,36	94,29	
212	78,39	65,57	87,47	50,91	57,69	65,24	87,78	48,70	65,64	87,21	
150	60,70	49,50	68,62	37,62	39,24	48,56	69,36	36,58	49,79	68,23	
106	48,19	39,67	54,22	32,58	28,51	40,00	54,03	32,59	39,82	53,97	
75	35,58	30,70	39,04	29,49	29,36	31,11	38,77	31,23	30,18	39,31	
53	28,75	25,47	31,07	31,72	33,62	25,59	31,00	30,76	25,04	31,31	
38	22,21	19,86	23,87	35,51	37,10	19,77	23,95	30,60	20,14	23,64	

Teste 27 – Abertura 300 μ m, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,92	99,82	99,99	92,76	95,68	99,82	99,99	100,00	99,80	100,00	
600	99,66	99,24	99,96	93,26	91,99	99,25	99,96	100,00	99,17	100,00	
425	98,05	95,65	99,77	93,11	85,74	95,96	99,56	99,64	95,27	99,99	
300	92,65	85,14	98,02	81,15	74,93	86,30	97,23	80,62	84,64	98,21	
250	86,88	76,09	94,60	65,45	66,85	77,12	93,94	61,48	76,01	94,45	
212	79,15	66,62	88,12	51,13	58,18	66,40	88,37	48,86	66,80	87,75	
150	61,41	50,86	68,96	37,05	39,00	49,91	69,72	36,26	51,13	68,57	
106	48,24	40,92	53,48	31,50	27,98	41,12	53,38	32,13	40,81	53,41	
75	35,63	31,79	38,37	30,18	29,13	32,36	37,98	30,73	31,37	38,59	
53	28,57	26,62	29,96	30,55	33,57	26,71	29,91	30,24	26,16	30,24	
38	21,91	20,94	22,61	35,65	37,15	20,82	22,70	30,08	21,29	22,35	

Teste 28 – Abertura 300 μ m, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale			MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)
850	99,90	99,81	99,99	95,16	94,74	99,81	99,99	100,00	99,80	100,00
600	99,63	99,33	99,95	92,71	91,35	99,34	99,94	100,00	99,27	100,00
425	98,06	96,48	99,70	92,25	86,36	96,69	99,50	99,56	96,17	99,99
300	92,94	88,10	98,00	83,75	78,34	88,89	97,22	84,08	87,66	98,34
250	87,19	79,95	94,77	72,49	72,41	80,80	93,96	69,17	79,80	94,75
212	79,52	70,99	88,43	59,65	65,99	70,94	88,59	58,64	70,90	88,33
150	62,57	54,63	70,87	49,32	50,98	54,13	71,49	47,14	55,10	70,21
106	49,05	43,74	54,60	41,19	40,17	43,57	54,85	43,07	43,59	54,63
75	36,04	33,16	39,06	41,58	39,30	33,62	38,60	41,66	32,87	39,29
53	28,82	27,32	30,38	41,29	43,77	27,47	30,24	41,16	26,99	30,69
38	22,00	21,24	22,80	45,59	47,88	21,12	22,93	40,99	21,47	22,55

Teste 29 – Abertura 300 μ m, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,89	99,79	99,99	95,43	95,08	99,79	99,99	100,00	99,78	100,00	
600	99,64	99,32	99,95	92,07	91,79	99,33	99,95	100,00	99,27	100,00	
425	98,19	96,65	99,72	92,06	86,89	96,81	99,57	99,62	96,33	99,99	
300	93,49	88,79	98,16	83,36	78,88	89,41	97,58	84,82	88,24	98,58	
250	88,10	81,00	95,17	72,10	72,90	81,57	94,65	69,83	80,61	95,38	
212	80,44	71,33	89,50	62,91	66,36	71,42	89,49	59,07	71,42	89,20	
150	63,62	54,75	72,43	49,12	50,96	54,30	72,97	47,26	55,28	71,71	
106	50,91	44,28	57,50	41,05	39,88	44,18	57,66	43,07	44,17	57,46	
75	38,03	33,76	42,27	40,71	39,15	34,11	41,96	41,61	33,29	42,64	
53	30,76	27,58	33,92	42,36	43,80	27,75	33,78	41,10	27,22	34,20	
38	23,85	21,23	26,45	45,83	48,01	21,12	26,58	40,92	21,48	26,15	

Teste 30 – Abertura 300 μ m, %Sólidos 40% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,90	99,81	99,99	95,11	93,72	99,81	99,99	100,00	99,80	100,00	
600	99,66	99,37	99,95	91,85	90,08	99,39	99,94	100,00	99,32	100,00	
425	98,24	96,83	99,69	90,99	84,93	97,02	99,50	99,56	96,52	99,99	
300	93,53	89,20	97,99	82,20	76,97	89,91	97,29	84,10	88,67	98,48	
250	88,19	81,67	94,91	71,60	71,25	82,46	94,16	69,16	81,36	95,16	
212	80,69	72,81	88,81	59,95	65,17	72,86	88,83	58,62	72,64	88,89	
150	63,28	56,06	70,71	48,79	51,14	55,39	71,48	47,11	56,38	70,30	
106	50,26	44,90	55,77	43,50	40,65	45,00	55,72	43,03	45,27	55,33	
75	37,17	34,79	39,62	39,21	38,83	35,03	39,39	41,62	34,48	39,91	
53	29,95	28,87	31,07	41,66	42,46	29,02	30,92	41,12	28,60	31,34	
38	22,95	22,78	23,13	44,09	46,17	22,68	23,23	40,95	22,92	22,99	

Teste 31 – Abertura 300 μ m, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,96	99,92	100,00	98,71	94,68	99,92	100,00	100,00	99,91	100,00	
600	99,79	99,60	99,97	90,55	91,20	99,60	99,97	100,00	99,56	100,00	
425	98,72	97,58	99,76	89,78	86,03	97,67	99,68	99,77	97,29	100,00	
300	94,87	91,02	98,38	81,28	77,69	91,41	98,03	86,00	90,26	98,98	
250	90,33	84,20	95,93	71,80	71,56	84,62	95,57	69,80	83,54	96,39	
212	83,96	75,97	91,24	61,54	64,93	75,95	91,28	57,77	75,73	91,29	
150	68,40	60,21	75,87	48,33	49,35	59,88	76,19	44,63	60,99	75,00	
106	55,22	49,40	60,54	39,17	37,65	49,50	60,46	40,05	49,79	60,07	
75	40,74	38,61	42,69	35,55	35,73	38,67	42,64	38,48	37,97	43,22	
53	32,19	31,53	32,79	39,46	39,51	31,60	32,73	37,92	31,08	33,17	
38	23,95	24,18	23,74	42,59	43,18	24,15	23,77	37,73	24,49	23,48	

Teste 32 – Abertura 300 μ m, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,95	99,90	99,99	86,83	91,37	99,89	99,99	100,00	99,88	100,00	
600	99,79	99,56	99,94	80,70	86,31	99,53	99,96	100,00	99,46	100,00	
425	98,77	97,50	99,57	77,95	79,02	97,45	99,61	99,30	96,83	99,99	
300	94,96	90,57	97,74	70,59	68,37	90,75	97,64	76,84	89,23	98,55	
250	90,56	83,55	94,99	61,83	61,33	83,79	94,85	58,46	82,56	95,58	
212	84,07	74,87	89,90	51,94	54,29	74,73	90,01	47,06	74,64	89,99	
150	68,52	58,87	74,63	39,89	39,59	58,88	74,64	35,85	60,18	73,75	
106	54,83	48,45	58,88	29,53	29,95	48,32	58,97	32,16	48,76	58,64	
75	40,66	37,81	42,46	29,10	28,44	37,94	42,38	30,91	37,40	42,70	
53	32,33	31,25	33,01	30,55	31,05	31,29	32,99	30,47	30,82	33,28	
38	24,17	24,26	24,12	33,26	33,63	24,22	24,14	30,32	24,40	24,03	

Teste 33 – Abertura 300 μ m, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 0,3tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,96	99,93	99,99	93,53	94,67	99,93	100,00	100,00	99,92	100,00	
600	99,82	99,66	99,98	96,37	91,27	99,68	99,97	100,00	99,65	100,00	
425	98,79	97,76	99,81	91,80	86,28	97,90	99,68	99,77	97,56	100,00	
300	94,96	91,43	98,51	83,00	78,25	91,96	98,01	86,45	90,90	98,97	
250	90,45	84,88	96,05	72,75	72,33	85,48	95,49	70,83	84,47	96,35	
212	84,12	76,95	91,33	62,80	65,91	77,20	91,14	59,12	76,92	91,21	
150	67,83	61,33	74,37	48,05	50,75	60,79	74,98	46,17	61,78	73,80	
106	54,52	50,43	58,62	41,02	39,29	50,40	58,69	41,60	50,62	58,35	
75	40,11	39,48	40,75	38,12	37,48	39,69	40,54	40,02	39,01	41,20	
53	31,63	32,51	30,74	41,14	41,40	32,72	30,53	39,47	32,27	31,00	
38	23,94	25,94	21,94	42,84	45,23	25,81	22,05	39,28	26,19	21,73	

Teste 34 – Abertura 300 μ m, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,92	99,86	99,99	93,34	93,63	99,86	99,99	100,00	99,84	100,00	
600	99,75	99,54	99,96	91,08	90,04	99,54	99,96	100,00	99,49	100,00	
425	98,74	97,70	99,75	89,41	84,99	97,80	99,66	99,71	97,43	99,99	
300	95,15	91,76	98,42	81,10	77,22	92,18	98,04	85,79	91,12	99,00	
250	90,95	85,74	95,97	70,31	71,64	86,08	95,69	70,60	85,03	96,59	
212	84,71	77,71	91,45	63,10	65,68	77,77	91,47	59,43	77,43	91,65	
150	69,21	61,52	76,61	51,21	51,79	61,48	76,72	47,08	62,46	75,63	
106	55,81	50,66	60,78	39,79	40,97	50,35	61,13	42,70	50,74	60,65	
75	40,98	38,61	43,26	39,82	38,45	38,78	43,11	41,18	38,21	43,61	
53	32,17	31,08	33,23	41,95	41,66	31,34	32,98	40,65	30,87	33,42	
38	23,81	23,79	23,82	42,70	45,22	23,67	23,94	40,46	23,93	23,69	

Teste 35 – Abertura 300 μ m, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,95	99,90	100,00	95,24	92,78	99,91	99,99	100,00	99,90	100,00	
600	99,79	99,62	99,97	93,63	89,23	99,63	99,96	100,00	99,59	100,00	
425	98,88	97,96	99,83	91,89	84,50	98,12	99,67	99,71	97,79	99,99	
300	95,48	92,39	98,64	82,87	77,43	92,95	98,10	86,74	91,95	99,08	
250	91,34	86,45	96,35	72,72	72,42	87,06	95,78	72,54	86,01	96,78	
212	85,04	78,56	91,69	63,45	67,09	78,77	91,55	61,90	78,29	91,93	
150	69,51	62,44	76,75	52,53	54,60	62,13	77,17	49,87	62,96	76,19	
106	56,16	50,73	61,74	44,46	44,43	50,49	62,05	45,53	50,94	61,50	
75	41,29	38,24	44,42	42,53	41,33	38,43	44,26	44,02	37,98	44,66	
53	32,62	30,63	34,66	44,43	43,93	30,95	34,35	43,48	30,52	34,76	
38	24,17	23,23	25,13	44,33	47,37	23,09	25,28	43,30	23,28	25,07	

Teste 36 – Abertura 300 μ m, %Sólidos 30% e taxa de alimentação 0,5tph.

X (μ m)	EXP				MOD - Mwale				MOD - Hatch and Mular		
	Feed (%)	OS (%)	US (%)	E(x) - Bal	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	E(x) - MOD	OS (%)	US (%)	
850	99,94	99,88	99,99	90,27	90,80	99,88	99,99	100,00	99,87	100,00	
600	99,81	99,64	99,95	82,95	86,46	99,63	99,96	100,00	99,57	100,00	
425	98,97	98,01	99,73	85,26	80,70	98,09	99,67	99,62	97,68	99,99	
300	95,86	92,55	98,45	76,91	72,48	92,97	98,14	83,68	91,75	99,09	
250	92,03	86,77	96,16	66,45	66,98	87,16	95,88	67,59	85,87	96,87	
212	86,08	78,73	91,84	59,35	61,37	78,88	91,77	56,29	78,26	92,23	
150	70,82	62,20	77,59	47,61	48,90	61,96	77,82	44,18	62,94	77,02	
106	57,27	50,13	62,87	39,11	39,13	49,94	63,06	39,97	50,63	62,49	
75	42,20	37,51	45,87	36,79	35,79	37,70	45,74	38,52	37,43	45,94	
53	33,41	30,06	36,04	37,26	37,52	30,23	35,92	38,01	29,84	36,22	
38	24,85	22,50	26,68	38,75	40,21	22,42	26,76	37,84	22,47	26,71	