



**OTIMIZAÇÃO DE PARAMETROS DE MOAGEM DE TRIGO, TRITICUM AESTIVUM, EM MOINHO BÜHLER, MLU 202, E AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DE MOAGEM DAS FRAÇÕES DE FARINHA DE TRIGO OBTIDAS**

Jéssica Roberta **Mendes**<sup>1</sup>; Flávio Martins **Montenegro**<sup>2</sup>

**Nº 15213**

**RESUMO** - O objetivo deste estudo foi avaliar a otimização do processo de moagem, através de um planejamento experimental, a fim de obter um maior rendimento e uma melhor qualidade reológica de um trigo pão e um trigo melhorador. Foram realizados testes seguindo um delineamento composto central rotacional (DCCR), planejamento fatorial 2<sup>2</sup>, utilizando como variáveis independentes a umidade (%), após o condicionamento, e o ajuste de rolos (mm) obtendo-se como resultados o rendimento do processo de moagem, o teor de amido danificado e o diâmetro médio das partículas de farinha e a distribuição de tamanho dessas partículas. Foram avaliadas duas amostras, IAC 370 e IAC 385, sendo um trigo “pão” e um trigo melhorador, respectivamente. Sendo que as variáveis independentes do delineamento composto central rotacional interferiram significativamente,  $R^2:0,8309$  ( $p<0,1$ ), apenas no rendimento de farinha da amostra IAC370, gerando uma equação do modelo para esta variável dependente.

**Palavras-chaves:** Otimização, processo de moagem, planejamento experimental, amido danificado, distribuição de tamanho.



**ABSTRACT-** *The objective of this study was to evaluate the optimization of the milling process, by means of an experimental design, in order to obtain a higher yield and better quality rheological of wheat for bread making and improver wheat. Tests were carried out following a central composite rotational design (DCCR), factorial design 2<sup>2</sup>, using as independent variable moisture (%), after the tempering, and the adjustment of the rollers (mm), getting as results the yield of milling process, content of damaged starch and the medium diameter of the flour particles and distribution of size of this particles. 2 sample was evaluated, IAC370 and IAC385, a wheat for bread making and improver wheat, respectively. The independent variable of a central composite rotational design interfered significantly, R<sup>2</sup>:0,8309 (p<0,1), just in the flour yield of milling process for the sample IAC370, giving a model equation for this dependent variable.*

**Key-words:** Optimization, milling process, experimental design, damaged starch, distribution of size.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria de Trigos (ABITRIGO) e a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), em 2012, de um total de 2305,1 milhões de toneladas de cereais produzidos no Mundo, 675,1 milhões de toneladas foram de trigo, sendo que praticamente todo o trigo é quase sempre processado na forma de farinha.

O trigo é o responsável pela qualidade da farinha, considerando-se a diversidade de grãos existentes, bem como as condições de clima e solo de cada região. Sendo a farinha de trigo definida como um produto obtido da moagem do grão de trigo *Triticumaestivum*, ou de outras espécies do gênero *Triticum* (exceto *Triticumdurum*) (COSTA *et al.*; 2008).

Atualmente no Brasil, de acordo com a Instrução Normativa nº7 do MAPA, de 15 de agosto de 2001, o trigo é classificado em cinco classes: trigo brando, trigo pão, trigo melhorador, trigo para outros usos e trigo *durum*. As quatro primeiras classes abrangem grãos provenientes da espécie *Triticumaestivum* e a última os grãos da espécie *Triticumdurum*.

Sendo que a qualidade do trigo pode ser determinada por diversos fatores como aqueles inerentes do trigo e que resultam da combinação da variedade e das condições de cultivo; e aqueles que são induzidos pelo processamento na conversão do grão em farinha, os quais podem ser controlados ajustando-se as condições de moagem e pelo condicionamento dos grãos (QUEJI *et al.*, 2006). Na prática a qualidade da farinha de trigo pode ser determinada por análises físico-químicas, como umidade e teor de amido danificado; e por análises reológicas (GUARIENTI, CIACCO, 2001).



## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Material**

Para este estudo, foram utilizadas sementes de duas cultivares adquiridas junto ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). São elas respectivamente, IAC 370 e IAC 385, sendo a primeira um trigo “pão” e a segunda um trigo melhorador.

### **2.2 Métodos**

#### **2.2.1 Moagem experimental em Moinho Bühler**

A moagem das sementes de trigo em Moinho Bühler, MLU 202, seguiram as configurações descritas nos métodos da AACCI 26-10.02 de moagem experimental e 26-21.02 de operação do moinho Bühler.

#### **2.2.2 Preparação e Condicionamento**

Para o ajuste da umidade, foi necessário o condicionamento prévio dos grãos, seguindo os procedimentos descritos no método da AACCI 26-95.01.

#### **2.2.3 Análise de Umidade**

A análise de umidade foi realizada para os grãos de trigo antes e após o condicionamento. A determinação do teor de umidade por estufa seguiu a metodologia da AACCI 44-15.02, à 130°C ( $\pm 1$ ). Análise realizada em triplicata.

#### **2.2.4 Rendimento**

O rendimento total da moagem foi determinado pela proporção de farinha obtida em relação ao total de grãos de trigo limpos, conforme descrito na equação 1.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{(M_{\text{farinha}} + M_{\text{farelo}} + M_{\text{farelinho}})}{M_{\text{grãos}}} \times 100 \quad (1)$$

Também foi calculado o rendimento de farinhas, que foi determinada pela proporção de farinhas das frações de redução (C1, C2 e C3) em relação ao total de grão, como descrito na Equação 2.

$$\text{Rendimento Farinha (\%)} = \frac{M_{\text{farinha}}}{M_{\text{grãos}}} \times 100 \quad (2)$$

#### **2.2.5 Determinação do Teor de Amido Danificado**

Utilizou-se o método da AACCI 76-33.01 que consiste na cinética da absorção de iodo em uma suspensão líquida, utilizando uma sonda amperométrica. Os resultados são dados pelo índice de absorção de iodo (%). A análise foi realizada em duplicata.



### 2.2.6 Diâmetro médio e distribuição de tamanho de partículas

Foi realizada a determinação direta pelo determinador de tamanho de partículas, marca Horiba, modelo LV-950, à temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . O método tem como princípio a difração a laser, tanto no módulo de dispersão seca (adaptado de *Application Notes AN145– HORIBA*) como no módulo de dispersão em etanol, a fim de realizar a comparação entre os dois métodos de execução da análise.

### 2.2.7 Planejamento Experimental

Para este projeto, que visa otimizar as condições do processo de moagem de trigo, foi proposto um delineamento composto central rotacional (DCCR), planejamento fatorial  $2^2$ . As variáveis independentes estudadas foram as umidades desejadas após o condicionamento dos grãos (%) e o ajuste dos rolos do moinho (mm), para ambas as cultivares estudadas, conforme pode ser observado na Tabela 1.

As respostas foram o rendimento do processo de moagem, o teor de amido danificado e o diâmetro médio e a distribuição de tamanho das partículas, realizadas através de módulo seco e em etanol.

**Tabela 1.** Variáveis independentes e seus respectivos níveis.

Variáveis	Níveis					
	-1,414	-1	0	+1	+1,414	
Umidade do grão após o condicionamento (%)	X <sub>1</sub>	14	14,59	16	17,41	18
Ajuste dos rolos (mm)	X <sub>2</sub>	0,1	0,09	0,07	0,05	0,04

Segundo um planejamento composto central ( $2^2$ ), foram realizados 11 ensaios, sendo constituído por quatro ensaios lineares nos níveis  $-1$  e  $+1$ , quatro ensaios axiais ( $\alpha = 1,414$ ) e três ensaios no ponto central.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 IAC 385

Para a amostra IAC385, todas as respostas estudadas, o delineamento proposto não apresentou bom ajuste, com baixos valores de  $R^2$ , como descrito na Tabela 2.

**Tabela 2.** Valores de  $R^2$  para as respostas estudadas, da amostra IAC385.

Resposta Estudada	$R^2$
Tamanho de Partícula – Módulo seco	0,4455
Tamanho de Partícula – Módulo etanol	0,5875
Amido Danificado	0,6322
Rendimento Total	0,4087
Rendimento Farinha	0,6295



Para a análise de tamanho de partícula tivemos como valor mais aproximado do esperado, aquele que 95% das partículas apresentaram tamanhos menores que 250 $\mu$ m. Tanto para o módulo em etanol como o módulo seco, obtemos o maior valor de 100% e 97,75%, respectivamente, para uma umidade de 14,59%, contudo para abertura de rolos diferentes, sendo elas, 0,09mm e 0,05mm, respectivamente.

Para a análise de teor de amido danificado, obtivemos o menor teor de 3,40% para 14% de umidade e 0,07mm de abertura dos rolos, entretanto, todos os valores obtidos, situados na faixa de 3,40 à 4,41, mostram valores adequados e dentro de uma faixa aceitável, visto que em moagem comercial teores entre 5 a 8% são considerados normais de serem encontrados em farinhas de trigo (GUTKOSKI et al., 2007).

Tivemos um maior rendimento total de 90,46% para uma umidade de 14,59% e 0,05mm de espaçamento, e um menor rendimento de 55,13% para 16% e 0,07mm. Já o maior rendimento das frações de farinha de trigo (C1, C2 e C3) foi de 43,64% e o menor de 31%. Essa grande variação ocorreu por se tratar de uma operação unitária e que pode ser influenciada por vários interferentes, resultando em diferentes comportamentos a cada variação de umidade e abertura de rolos.

### **3.2 IAC 370**

Para a amostra IAC370, apenas o rendimento de farinha apresentou um bom coeficiente de regressão ( $R^2$ ), como está apresentado na Tabela 3. Para todas as outras respostas, o delineamento proposto não apresentou bom ajuste.

**Tabela 3.** Valores de  $R^2$  para as respostas estudadas, da amostra IAC 370.

<b>Resposta Estudada</b>	<b><math>R^2</math></b>	<b>p</b>
Tamanho de Partícula – Módulo seco	0,5976	0,05
Tamanho de Partícula – Módulo etanol	0,5734	0,05
Amido Danificado	0,6228	0,05
Rendimento Total	0,4511	0,05
Rendimento Farinha	0,8309	0,10

Por se tratar de um processo tecnológico que pode sofrer interferência de fatores inerentes, como as diferentes cultivares, e induzidos, como ajuste de rolos, quantidade de água adicionada, o limite de confiança foi aumentado de 0,05 para 0,10.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados de rendimento, obtido dos experimentos do delineamento central composto.



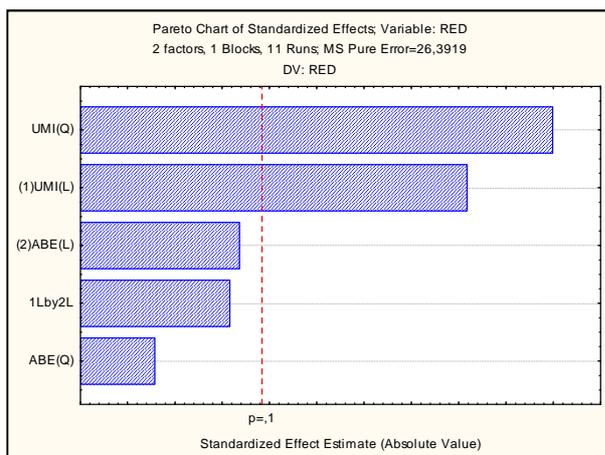
**9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015**  
**10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo**

**Tabela 4.** Resultados dos experimentos do delineamento central composto para o rendimento.

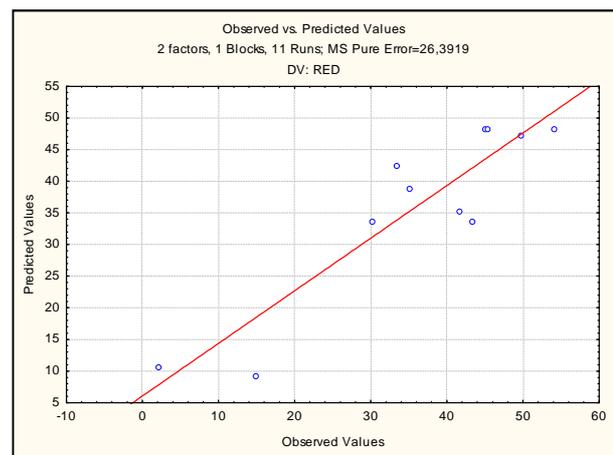
Experimentos	Variáveis em unidades codificadas		Umidade real (%) $X_1$	Abertura dos rolos (mm) $X_2$	Rendimento (%)
	x1	x2			
1	-1	-1	14,59	0,09	2,06
2	1	-1	17,41	0,09	33,40
3	-1	1	14,59	0,05	30,26
4	1	1	17,41	0,05	35,09
5	-1,41	0	14	0,07	14,99
6	1,41	0	18	0,07	41,69
7	0	-1,41	16	0,10	43,31
8	0	1,41	16	0,04	49,75
9	0	0	16	0,07	45,04
10	0	0	16	0,07	54,07
11	0	0	16	0,07	45,31

A análise estatística dos resultados foi realizada através do *software* STATISTICA® (STATSOFT, 2007). O nível de significância adotado de 10% e os resultados obtidos experimentalmente mostram que quando realizamos a análise do coeficiente regressão, os parâmetros da abertura e a interação com a umidade não são estatisticamente significativos. Analisando os valores de p, podemos dizer que apenas a umidade consegue interferir significativamente no rendimento, já que os valores apresentados de p para o parâmetro abertura de rolos e a interação com a umidade estão superiores a 0,1.

O Diagrama de Pareto, Figura 1, mostra os parâmetros significativos estatisticamente obtidas obtemos a partir da Tabela dos coeficientes de regressão e quanto estariam próximas as interações para valor de p 0,1. Já a Figura 2 mostra o gráfico dos valores previstos pela equação 3 contra os resultados experimentais correspondentes.



**Figura 1.** Diagrama de Pareto



**Figura 2.** Valores experimentais versus valores previstos pelo modelo para a resposta rendimento

A equação codificada do modelo para a resposta rendimento, em função dos coeficientes de regressão está descrita abaixo:

$$\text{Rendimento} = 48,14 + 18,482\text{UMID} - 25,9163\text{UMID}^2 + 9,7494\text{ABER} - 7,7262\text{ABER}^2 - 13,2550 \text{UMID ABER} \quad (3)$$

A Tabela 6 apresenta a análise de variância para o rendimento de farinhas de trigo.

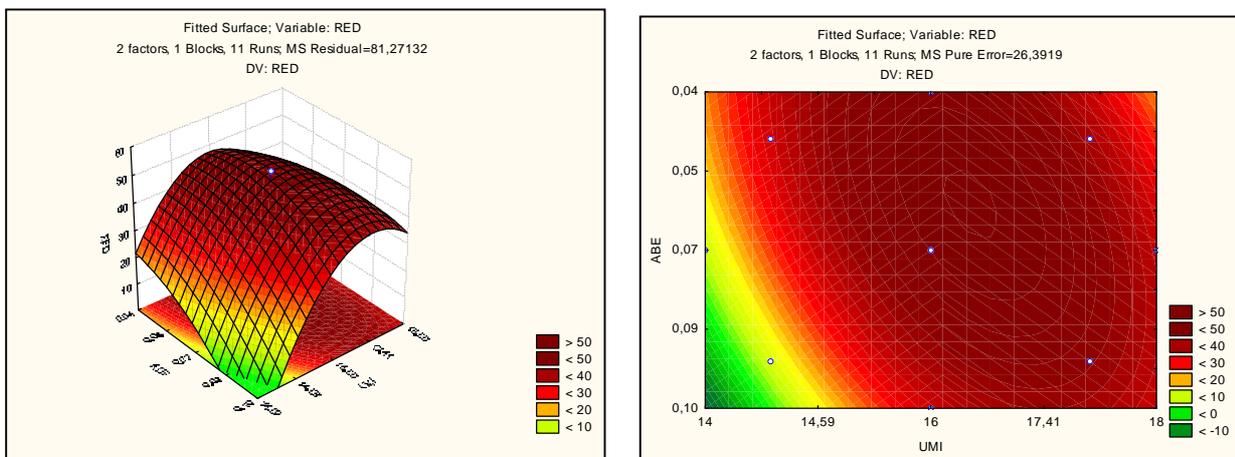
**Tabela 6.** Análise de variância para o rendimento (ANOVA)

Fonte de variação	Soma dos Quadrados	Gráus de Liberdade	Quadrados Médios	Fcalc
Regressão	2081,482	5	416,2964	5,12
Resíduos	406,3566	5	81,27132	
F. ajuste	353,573	3	117,8576	4,46
E. puro	52,784	2	26,3919	
<b>TOTAL</b>	<b>2403,580</b>	<b>10</b>		

$R^2=0,83094$ ;  $F_{\text{tab}}(5; 5; 0,10)=3,45$ ;  $F_{\text{tab}}(3; 2; 0,10)=9,16$

A significância estatística do modelo foi determinada pelo teste de Fcalc em relação ao Ftab e pela análise de variância (ANOVA) (Tabela 8). Analisando o Fcalc em relação ao Ftab para a regressão e para os resíduos, verificamos que o Fcalc (5,12) para a regressão mostrou-se maior que o Ftab (3,45). Fazendo também uma análise conjunta do  $R^2$ , verificamos que 83,09% das variações são explicadas pelo modelo obtido. Isso mostra que o modelo se ajusta aos valores experimentais. O Fcalc (4,46) da falta de ajuste em relação ao erro puro mostra que o modelo foi bem ajustado, pois o valor foi que o Ftab (9,16).

A Figura 3 mostra as superfícies de respostas e as curvas de contorno para o rendimento em função da umidade e da abertura dos rolos.



**Figura 3.** Superfície de resposta e curvas de contorno para a resposta rendimento



## 9º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2015 10 a 12 de agosto de 2015 – Campinas, São Paulo

Pela curva de contorno, podemos observar que para uma umidade entre aproximadamente 15% e 17,41% e para uma abertura de rolos entre aproximadamente 0,04mm e 0,08mm, temos uma região que apresenta um melhor rendimento de farinha.

### 4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos do planejamento central composto indicam que as variáveis independentes: umidade após o condicionamento e abertura dos rolos devem ser consideradas estatisticamente significativas com o objetivo de aumentar o rendimento de farinha da moagem, sendo a umidade a de maior impacto no processo.

O teor de amido danificado e o tamanho de partícula não apresentaram resultados estatisticamente significativos para as variações sugeridas de umidade e da abertura dos rolos, para ambas as cultivares, mas os valores obtidos estão dentro dos valores aceitáveis da Legislação Brasileira.

### 5 AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa concedida, ao IAC pelo material cedido, e ao Cereal Chocotec - ITAL pela oportunidade de aprendizado.

### 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACCI, AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS INTERNATIONAL, **Approved Methods**, 12<sup>th</sup> ed., St. Paul: AACCI 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, **Instrução Normativa Nº 7, de 15 de agosto de 2001**, Norma de Identidade e qualidade do trigo.

COSTA M. G.; SOUZA, E. L.; STAMFORD, T. L. M.; ANDRADE, S. A. C.; **Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados**, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 2008.

GUARIENTI, E. M.; CIACCO, C. F. **Efeito de variáveis meteorológicas na qualidade industrial de trigo (Triticumaestivum L.)** Campinas – SP, 2001.

GUTKOSKI, L. C. et al. Efeito do teor de amido danificado na produção de biscoitos tipo semi-duros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 119–124, 2007.

QUEIJI, M. de F. D.; SCHEMIN, M. H. C.; TRINDADE, J. L. F. da. **Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase**. Publ. UEPG Ci.Exatas Terra, CiAgr.Eng., Ponta Grossa, 12 (2): 21-29, ago.2006.

STATSOFT. Statistica (data analysis software system). Version 8.0. Tulsa: StatSoft, 2007. 1 CD-ROM.