

EFEITO DA ADIÇÃO DE HIDROCOLÓIDES NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE BOLOS SEM GLÚTEN

Luciane Hitomi Tanaka¹; Elisena Aparecida Gustaferrero Seravalli²

¹ Aluna de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

² Professora da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

Resumo. *Este trabalho teve o objetivo de desenvolver a formulação de um bolo, tipo inglês, com substituição de farinha de trigo por farinha de linhaça dourada, de arroz e fécula de mandioca, com a adição de gomas xantana e guar e amido pré-gelatinizado. Para o desenvolvimento da formulação de bolos isenta de glúten, foram realizados testes em três etapas. Na primeira ocorreu a substituição gradual da farinha de trigo pela farinha de linhaça dourada cujo porcentual de substituição ficou estabelecido como 40% de farinha de linhaça e 60% de farinha de trigo. A segunda etapa consistiu na substituição da porção de 60% de farinha de trigo por 30% de farinha de arroz e de fécula de mandioca, proporção que apresentou melhores resultados para os parâmetros textura e volume específico. Na terceira etapa foram testados diferentes hidrocolóides de acordo com o planejamento experimental variando as composições das misturas de três componentes: goma xantana, goma guar e amido pré-gelatinizado.*

Introdução

Na sociedade atual, a preocupação com a saúde vem aumentando cada dia mais. Com isso, a indústria alimentícia está procurando desenvolver alimentos que tragam grandes vantagens nutricionais aos consumidores e sirvam como prevenção de várias doenças. Porém, outro ponto que deve ser observado é também a procura de produtos práticos para consumo, devido à agitação da vida cotidiana, em que há pouco tempo para a preparação adequada de refeições saudáveis e nutritivas.

No início da década de 90, surgiu um novo conceito, o alimento funcional. Alimentos funcionais são alimentos ou ingredientes que produzem efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, além de suas funções nutricionais básicas (CARDOSO & OLIVEIRA, 2008). Esses alimentos devem oferecer, além de suas propriedades nutricionais normais, propriedades benéficas, e também ser apresentados na forma de alimentos básicos.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um alimento funcional, por desenvolver um bolo com farinha de linhaça dourada, que é um alimento rico em Ômega 3, Ômega 6, fibras e compostos fenólicos com funções antioxidantes, que tem como principais vantagens a redução do risco de câncer e de doenças vasculares.

Encontraram-se relatos do uso da semente da linhaça desde 5000 A.C. Esta semente é proveniente da planta linho, que tem origem na Ásia. Atualmente seus benefícios foram difundidos para o mundo inteiro e passou a ser largamente cultivada e consumida. A linhaça dourada, em estudo, é cultivada principalmente em países de clima frio, em destaque ao Canadá e norte dos Estados Unidos.

Outro ponto importante a destacar é a preocupação com a intolerância ao glúten, que recebe o nome de doença celíaca (ACELBRA, 2013). Essa doença é uma enfermidade do intestino delgado, potencializada pelo glúten, proteína presente no trigo, principal matéria prima de bolos, pães e outros alimentos encontrados na alimentação diária da maioria da população. A doença está tornando-se mais comum na população, não só brasileira, mas também mundial. “Considerando a Europa e os EUA, a doença pode ocorrer em uma de cada 100 a 200 pessoas. No Brasil, acredita-se haver uma prevalência semelhante a das regiões referidas” (WOLFF; SEGAL & WOLFF, 2012).

Na indústria de alimentos, essa preocupação tornou-se frequente. O bolo de farinha de linhaça pode ser uma futura alternativa, trazendo uma alimentação saudável ao portador da doença celíaca, e também as demais pessoas que buscam alimentos nutritivos e práticos na hora de consumir. Porém com a retirada total da farinha de trigo, a dificuldade é grande em manter a textura adequada ao paladar tradicional dos consumidores, tornando-se um foco dessa pesquisa, procura de outras farinhas que tragam a mesma estrutura desejada ao bolo.

Este trabalho teve por objetivo desenvolver formulação para bolos, substituindo a farinha de trigo pela farinha de linhaça dourada, de arroz, fécula de mandioca e hidrocolóides, visando atender às necessidades de consumo dos portadores da doença celíaca.

Materiais e Métodos

Materiais e Equipamentos

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas fécula de mandioca, fornecida pela Zadimel Indústria e Comércio de Alimentos LTDA; farinha de arroz, AMITEC 105; farinha de linhaça dourada, marca Mãe Terra; gordura vegetal hidrogenada, fabricada pela Primor; fermento químico Itaiquara; emulsificante, SPONGLIT 450, fornecido pela Cognis; goma xantana da Casa Americana de Artigos para Laboratórios LTDA; goma guar e amido pré-gelatinizado, fornecido pela empresa INSTANT PURE FLO F. Outros: açúcar refinado da marca União; ovos em natura e leite pasteurizado, todos adquiridos no mercado local.

Os equipamentos utilizados para fabricação do bolo foram: Batedeira Arno Planetária (Modelo BPA); forno elétrico tipo turbo Perfecta Curitiba Vipinho 0448 TRIF; balança semi-analítica Marte modelo AS2000. O perfil de textura foi feito por meio do texturômetro Texture Analyses TA-XT2i SMS com *probe* adaptado de acrílico, cilíndrico com 30mm de diâmetro para pães e adaptados para bolos.

Metodologia

O volume específico, ou razão entre o volume e a massa é um parâmetro de qualidade que indica se a fermentação do bolo foi excessiva, resultando num volume específico muito grande, ou se ocorreram problemas na formação da estrutura do bolo na fermentação, resultando num baixo volume específico (BUSHUK, 1985).

Os volumes dos seis bolos de cada formulação foram analisados por meio do medidor de volume Vondel, modelo MVP130. O volume específico foi determinado pela razão entre volume e massa de cada bolo, expresso em $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$.

A medida da atividade de água foi feita no miolo do bolo. O equipamento utilizado foi o Decagon modelo Aqua Lab 3TE. Para cada amostra foram realizadas três medidas, o que resultou em 9 replicata para cada formulação de bolo.

O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa a 105 °C, sob pressão atmosférica, de acordo com a metodologia descrita pela AACC (2000), com cinco replicatas para cada formulação.

Os testes no método TPA (TA-xT2: Texture Profile Analyser – Stable Micro Systems), (Dr. Malcolm Bourne's Food Texture e Viscosity - Academic Press), foram realizados no analisador de textura TA-XT2i SMS utilizando um *probe* adaptado de acrílico, cilíndrico com 30 mm de diâmetro, (SARMIENTO-CONSOLE, 1998) para pães e adaptado para bolos. Os valores do parâmetro firmeza do miolo foram obtidos por meio da medida que corresponde ao pico da curva força pelo tempo (N/s). Outros parâmetros também foram analisados no miolo do bolo, como coesividade e elasticidade. Os testes foram realizados, em fatias de 2,5 cm retiradas de cada bolo, sob as seguintes condições:

- Velocidade do Pré-Teste: 1,0 mm/s;
- Velocidade do Teste: 1,7 mm/s;
- Velocidade do Pós-Teste: 10,0 mm/s;
- Distância: 10 mm (distância que o “*probe*” é deslocado);
- Tensão 40%;
- Tempo entre as duas compressões de 5 segundos;
- Gatilho: Auto – 5 g (ponto inicial a análise, quando o acessório encontra uma resistência igual ou superior a 5 g).

No processo de fabricação do bolo, foram pesados e colocados o açúcar e a gordura vegetal hidrogenada na batedeira planetária com o batedor tipo globo para homogeneização durante 12 minutos, sendo 2 minutos em velocidade baixa. Em seguida adicionaram-se os ovos, batendo por mais 30 minutos em velocidade média (formação do creme). Por fim foram adicionados as farinhas (de arroz e de linhaça), a fécula, leite, gomas (quando necessário), fermento químico e emulsificante, batendo até homogeneização completa (totalizando 3 minutos em velocidade média).

A massa foi distribuída em porções de 300 gramas em formas de alumínio, totalizando 6 bolos. O assamento do bolo foi realizado em forno a uma temperatura de 180 °C durante 26 minutos. Após resfriamento, houve um período de descanso fixo de 24 horas, entre preparo e análise. A formulação do bolo estabelecida nas duas primeiras etapas do projeto, sem adição dos hidrocolóides, está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Formulação de Bolo sem adição de hidrocolóides

| Ingredientes | % |
|----------------------------|------|
| Farinha de Linhaça dourada | 20,0 |
| Farinha de arroz | 18,0 |
| Fécula de mandioca | 15,9 |
| Açúcar refinado | 32,0 |
| Gordura vegetal | 11,6 |
| Sal | 0,4 |
| Emulsificante | 0,6 |
| Fermento químico | 2,3 |
| Ovos | - |
| Leite | - |

Para obtenção da formulação ideal, foram realizados ensaios, em duplicata, de acordo com uma matriz desenvolvida para o projeto com diferentes proporções de hidrocolóides (Tabela 2). As quantidades dos demais ingredientes foram mantidas constantes.

Tabela 2 – Matriz do Projeto de Mistura

| Ensaio | Variáveis Codificadas | | | Variáveis Originais | | |
|--------|-----------------------|----------------|----------------|---------------------|--------------------|-------------|
| | X ₁ | X ₂ | X ₃ | Guar (%) | Amido Pré-Gel. (%) | Xantana (%) |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0,50 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0,50 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0,00 | 0,50 |
| 4 | 1/2 | 1/2 | 0 | 0,25 | 0,25 | 0 |
| 5 | 1/2 | 0 | 1/2 | 0,25 | 0 | 0,25 |
| 6 | 0 | 1/2 | 1/2 | 0 | 0,25 | 0,25 |
| 7 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 0,167 | 0,167 | 0,167 |
| 8 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 0,167 | 0,167 | 0,167 |

Os ensaios do delineamento foram feitos em duplicata, resultando em 12 repetições para cada formulação.

Com os resultados do planejamento é possível calcular os efeitos principais e de interação das variáveis sobre as respostas obtidas, bem como determinar os efeitos mais significativos, correlacionando as variáveis e as respostas por meio de Análise de Variância (ANOVA) usando o programa estatístico Minitab 15.1. O teste de Duncan foi aplicado na comparação entre as médias.

Resultados e Discussão

O objetivo da utilização dos hidrocolóides goma guar, amido pré-gelatinizado e goma xantana foi estabelecer uma formulação otimizada melhorando a textura e o volume do produto final. A farinha de linhaça foi mantida na proporção de 20%, a farinha de arroz na proporção de 18% e a fécula de mandioca na proporção de 15,9%, enquanto que as proporções de goma guar, amido pré gelatinizado e goma xantana variaram de 0 a 0,50%. Em todas as formulações as principais modificações que ocorreram durante a etapa de assamento são: expansão dos gases; formação da rede de glúten (somente no caso do padrão);

coagulação das proteínas do ovo; mudança de cor, sabor e odor decorrentes da reação de Maillard e formação de crosta. No entanto essas modificações se deram de formas diferentes entre as formulações, como é possível observar na figura 1.

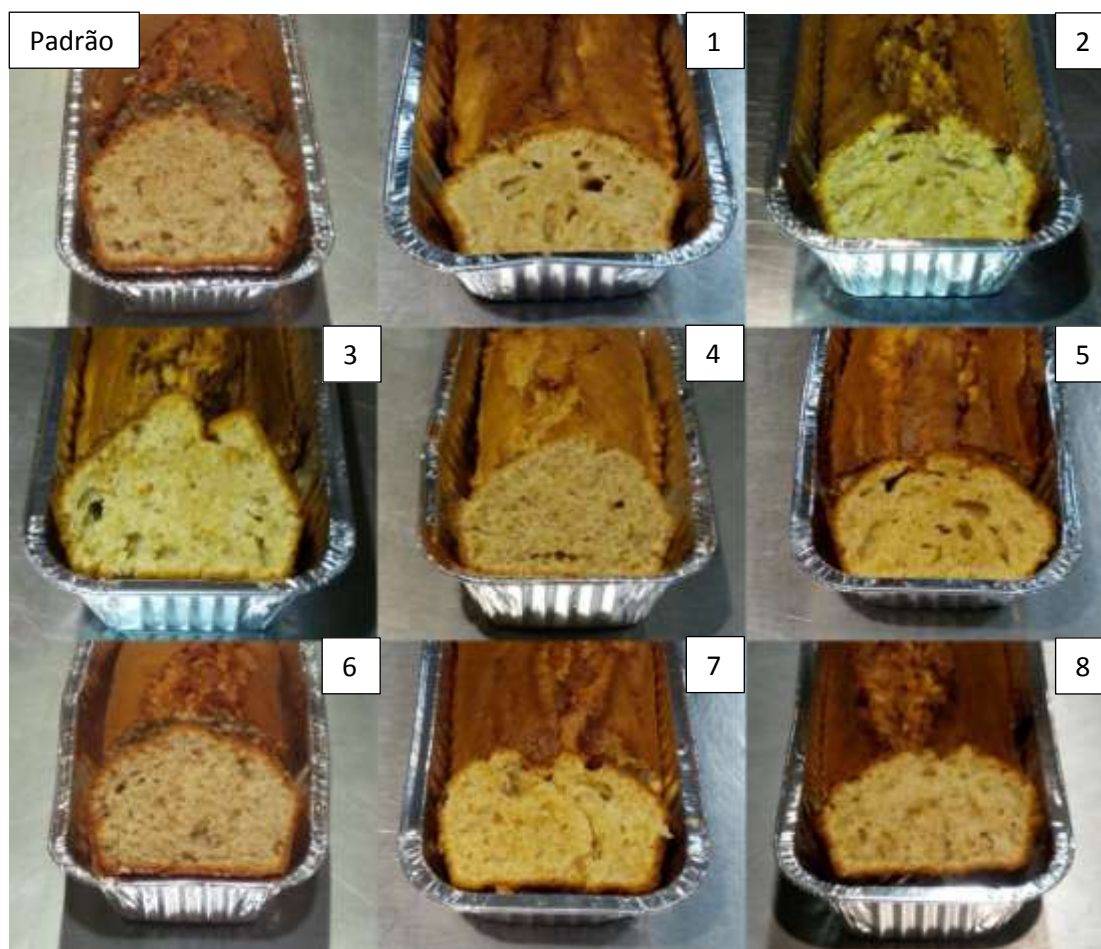


Figura 1 - Miolo e crosta dos bolos: Padrão, e das formulações de 1 a 8

Os resultados dos parâmetros analisados de perfil de textura TA e TPA para todas as formulações estão mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados das análises de textura nos bolos com formulações testes e padrão

| Bolos | Firmeza (N) | Coesividade | Elasticidade (%) |
|---------|-------------------------|-------------|------------------|
| Padrão* | 10,7 ± 0,8 ^a | 1,86 ± 0,06 | 0,89 ± 0,04 |
| 1 | 29 ± 3 ^b | 2,0 ± 0,2 | 0,87 ± 0,03 |
| 2 | 19 ± 2 ^c | 1,8 ± 0,1 | 0,92 ± 0,05 |
| 3 | 16 ± 2 ^d | 1,7 ± 0,2 | 0,93 ± 0,03 |
| 4 | 19 ± 1 ^c | 1,95 ± 0,09 | 0,94 ± 0,04 |
| 5 | 19 ± 2 ^c | 1,90 ± 0,08 | 0,88 ± 0,02 |
| 6 | 12 ± 1 ^e | 1,7 ± 0,1 | 0,94 ± 0,04 |
| 7 | 14 ± 1 ^{d,e} | 1,79 ± 0,08 | 0,92 ± 0,04 |
| 8 | 12 ± 1 ^e | 1,84 ± 0,06 | 0,99 ± 0,08 |

- *Bolo sem adição de hidrocolóides. Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente ($p < 0,05$) ao nível de 5% de significância

Para firmeza, os parâmetros do modelo codificado, os fatores onde $p < 0,05$, estão apresentados na Tabela 4. Todos os fatores e as interações são estatisticamente significativos.

Tabela 4 - Parâmetros da regressão para o modelo da firmeza.

| Termo | Coeficientes | T | P |
|-------|--------------|-------|-------|
| A | 30,53 | - | 0,000 |
| B | 19,80 | - | 0,000 |
| C | 17,77 | - | 0,000 |
| A*B | -28,54 | -8,72 | 0,000 |
| A*C | -22,31 | -6,82 | 0,000 |
| B*C | -28,49 | -8,71 | 0,000 |

O coeficiente de determinação foi de $R^2 = 97,7\%$.

A partir dos valores observados nas Tabelas 3 e 4, pode-se escrever o modelo para a resposta firmeza, mostrado na equação 1.

Equação 1:

$$\hat{Y} = 30,53A + 19,80B + 17,77 C - 28,54 AB - 22,31 AC - 28,49 BC$$

Em que \hat{Y} é a firmeza ajustada; A é a concentração de goma guar; B é a amido pré gelatinizado e C é a concentração de goma xantana. A análise de variância da regressão está representada na Tabela 5.

Tabela 5. - Análise de Variância (ANOVA) do modelo codificado para a firmeza.

| | Graus de Liberdade | Soma de Quadrados | Razão F | Valor de P |
|-----------------|--------------------|-------------------|---------|------------|
| Regressão | 5 | 469,493 | 86,03 | 0,000 |
| Erro Residual | 10 | 10,915 | | |
| Falta de Ajuste | 1 | 4,685 | 6,77 | 0,029 |
| Erro Puro | 9 | 6,230 | | |
| Total | 15 | 480,408 | | |

Na figura 2, verifica-se que para a variável, o resíduo segue uma distribuição normal.

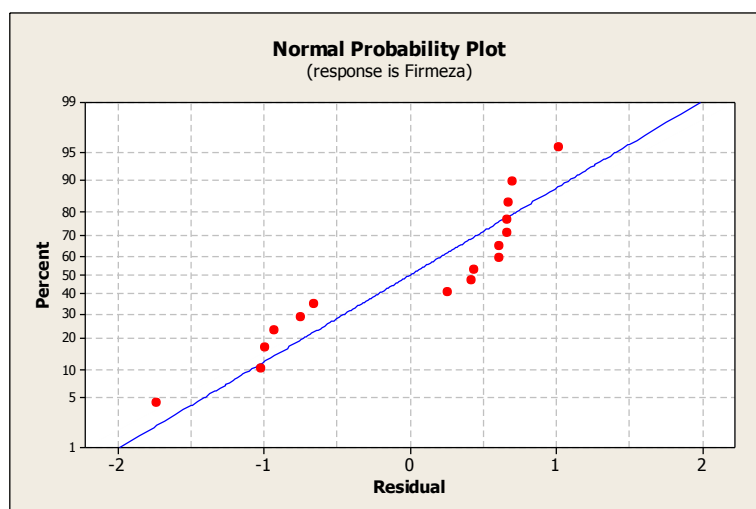


Figura 2: Gráfico de resíduo de firmeza

Observando a figura 2, pode-se afirmar que a maioria dos dados obtidos segue uma distribuição normal. Deste modo, avaliando as curvas de contorno apresentadas na figura 3, foi possível concluir que houve interação entre todos os ingredientes, porém afetando negativamente a firmeza, ou seja, aumentando qualquer um desses hidrocolóides aumentou a firmeza.

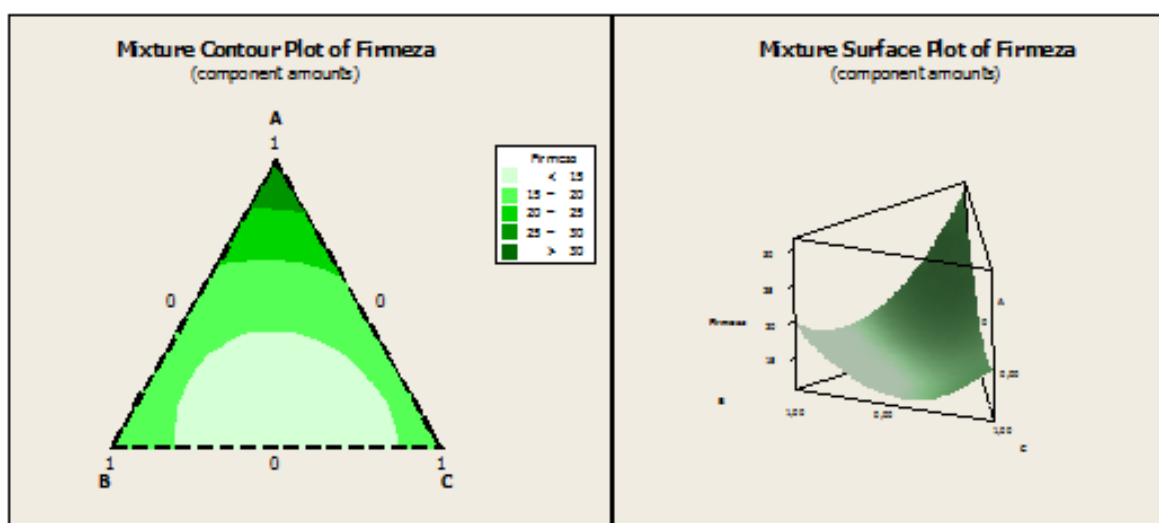


Figura 3. Contornos da resposta para a firmeza comparando a interação entre os termos goma guar (A), amido pré-gelatinizado (B) e goma xantana(C). Superfície, para a firmeza, em função das concentrações de goma guar (A), amido pré-gelatinizado (B) e goma xantana (C).

Para os outros parâmetros avaliados, coesividade e elasticidade, a adição dos hidrocolóides não afetou significativamente, ou seja, as interações não foram significativas ($p > 0,05$) nas quantidades utilizadas.

A atividade de água, umidade e volumes específicos foram analisados, e os resultados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados das análises de volume, atividade de água e umidade nos bolos.

| Bolos | Vol.Esp.(cm ³ /g) | Umidade (%) | Aw |
|--------|------------------------------|-------------|-----------------|
| Padrão | 2,6 ± 0,1 | 31 ± 3 | 0,900 ± 0,001 |
| 1 | 2,08 ± 0,08 | 37,7 ± 0,4 | 0,952 ± 0,005 |
| 2 | 1,8 ± 0,2 | 36,9 ± 0,7 | 0,939 ± 0,009 |
| 3 | 2,4 ± 0,1 | 37,2 ± 0,5 | 0,9321 ± 0,0009 |
| 4 | 1,50 ± 0,08 | 36 ± 1 | 0,947 ± 0,001 |
| 5 | 2,25 ± 0,08 | 37,7 ± 0,8 | 0,952 ± 0,001 |
| 6 | 1,9 ± 0,1 | 34 ± 2 | 0,944 ± 0,002 |
| 7 | 1,82 ± 0,07 | 36 ± 1 | 0,949 ± 0,002 |
| 8 | 1,9 ± 0,1 | 34 ± 1 | 0,945 ± 0,005 |

Para o volume específico, os parâmetros do modelo codificado, já excluídos os fatores em que $p > 0,05$, são apresentados na Tabela 7. Foi eliminado o seguinte fator: a interação AC, pois os efeitos neste ponto não foi estatisticamente significativo ($p > 0,05$).

Tabela 7 - Parâmetros da regressão para o modelo da volume específico.

| Termo | Coefficientes | T | p |
|-------|---------------|-------|-------|
| A | 2,080 | - | 0,000 |
| B | 1,820 | - | 0,000 |
| C | 2,403 | - | 0,000 |
| A*B | -1,496 | -7,97 | 0,000 |
| B*C | -0,549 | -2,92 | 0,015 |

O coeficiente de determinação foi de $R^2 = 96,4\%$.

A partir dos valores observados nas Tabelas 3 e 7, pode-se escrever o modelo para a resposta volume específico, apresentado na equação 2.

Equação 2:

$$\hat{Y} = 2,080 A + 1,820 B + 2,403 C - 1,496 AB - 0,549 BC$$

Em que \hat{Y} é o volume; A é a concentração de goma guar; B é a amido pré gelatinizado e C é a concentração de goma xantana. A análise de variância da regressão está representada na Tabela 8.

Tabela 8. - Análise de Variância (ANOVA) do modelo codificado para o volume específico.

| | Graus de Liberdade | Soma de Quadrados | Razão F | Valor de P |
|-----------------|--------------------|-------------------|----------|------------|
| Regressão | 5 | 0,9623 | 53,61 | 0,000 |
| Erro Residual | 10 | 0,0359 | | |
| Falta de Ajuste | 1 | 0,000253 | 0,000253 | 0,806 |
| Erro Puro | 9 | 0,03565 | | |
| Total | 15 | 0,99827 | | |

Na figura 4, verifica-se que para a variável, o resíduo segue uma distribuição normal.

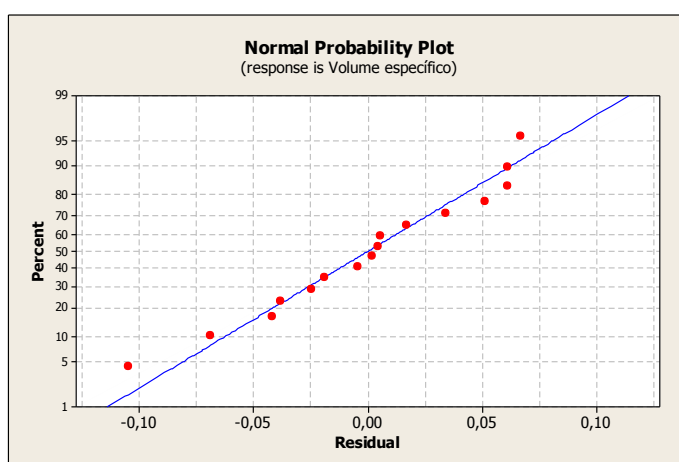


Figura 4: Gráfico de resíduo de volume específico

Observando a figura 4, pode-se afirmar que a maioria dos dados obtidos segue uma distribuição normal. Deste modo, avaliando as curvas de contorno apresentadas na figura 5, foi possível concluir que houve interação entre os ingredientes, com exceção para interação A*C, Porém as interações afetaram negativamente o volume, ou seja, aumentando qualquer um desses hidrocolóides diminuiu o volume.

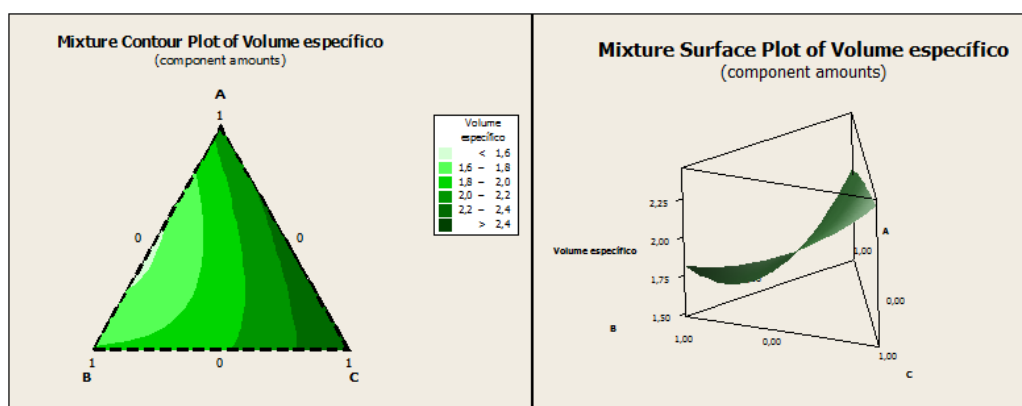


Figura 5- Contornos da resposta para o volume específico comparando a interação entre os termos goma guar (A), amido pré-gelatinizado (B) e goma xantana(C). Superfície, para o volume específico, em função das concentrações de goma guar (A), amido pré-gelatinizado (B) e goma xantana (C).

Para os outros parâmetros avaliados, umidade e atividade de água, a adição dos hidrocolóides não afetou significativamente, ou seja, as interações não foram significativas ($p>0,05$) nas quantidades utilizadas.

Todos os bolos formulados apresentaram aumentos expressivos das medidas de atividade de água e de umidade em relação ao padrão ($p<0,05$), provocando um aumento da massa dos bolos, sem expansão do volume e sem aeração adequada, o que pode ser verificado pela redução também expressiva ($p<0,05$) do volume específico. O aumento da atividade de água deveria resultar em bolos mais macios (OSAWA, 2009), porém observando os resultados das Tabelas 3 e 6, valores mais altos de firmeza, também apresentaram valores mais altos de atividade de água.

Conclusões

O principal objetivo da otimização da formulação foi obter com adição dos diferentes hidrocolóides uma textura mais macia, com valor de firmeza menor que o do bolo padrão (Tabela 3) e um volume específico maior que o do bolo padrão (Tabela 6), sem adição de nenhum hidrocolóides. Pelos resultados pode-se concluir que para esses efeitos estudados, apesar de ter ocorrido interações significativas, não foi possível obter uma formulação ideal, com bolos com textura e volume mais adequados.

Referências Bibliográficas

- AACC. American association of cereal chemists (2000). Approved Methods of American Association of Cereal Chemists, 9nd edition, v1 e 2. St. Paul:
- ACELBRA. Associação dos Celíacos do Brasil. Disponível em <http://www.acelbra.org.br>. Acesso 30.08.2013.
- BUSHUK, W. Flour proteins: structure and functionality in dough and bread. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 30, n.7, p.447-451, 1985.
- Sarmiento-Console, F.M.Z (1998) Otimização das condições de hidrólise ácida do amido de mandioca para obtenção de substituto de gordura: caracterização de hidrolisados e aplicação em bolos. Tese de Doutorado em Tecnologia de Alimentos. Campinas.
- SMS, Stable Micro Systems (1995) Extensibility of dough and measure of gluten quality (TA-XT2 application study REF: DOU/KIE).
- OSAWA, C.C; FONTES, L.C.B.; MIRANDA, E.H.W.; CHANG, Y.K.; STEEL, C.J. Avaliação físico-química de bolo de chocolate com coberturas comestíveis à base de gelatina, ácido esteárico, amido modificado ou cera de carnaúba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29(1), p.92-99, 2009.
- Wolff, H.C; Segal, F.; WOLFF, F. (2012) Abc da Saúde, Doença Celíaca. Retirado de :< <http://www.abcdasaude.com.br/artigo.php?148>.