

Avaliação de diferentes polissacarídeos como depressores na flotação aniônica direta de minério fosfático ultrafino

Evaluation of different polysaccharides as depressants in direct anionic flotation of ultrafine phosphate ore

DOI:10.34117/bjdv7n2-553

Recebimento dos originais: 20/01/2021

Aceitação para publicação: 20/02/2021

Amanda Aparecida Carneiro

Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Endereço: Av. Min. Olavo Drummond, 25 - Amazonas, Araxá - MG
E-mail: amandaap_carneiro@hotmail.com.br

Adrielle Mércia Alves Santos

Graduanda em Engenharia de Minas
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Endereço: Av. Min. Olavo Drummond, 25 - Amazonas, Araxá - MG
E-mail: adrielemerciaa@gmail.com

João Victor da Silva Alves

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Endereço: Av. Min. Olavo Drummond, 25 - Amazonas, Araxá - MG
E-mail: joaoalves@cefetmg.br

Michelly dos Santos Oliveira

Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Minas
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Endereço: Av. Min. Olavo Drummond, 25 - Amazonas, Araxá - MG
E-mail: michelly@cefetmg.br

Mario Guimarães Junior

Doutor em Engenharia de Materiais
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Endereço: Av. Min. Olavo Drummond, 25 - Amazonas, Araxá - MG
E-mail: mgjunior@cefetmg.br

RESUMO

A utilização de materiais de baixo custo, ambientalmente corretos e que garantam a eficiência dos processos industriais vem sendo tema de várias pesquisas. Na flotação, o emprego de materiais mais sustentáveis e de baixo custo, como depressores, pode ser uma alternativa rentável e eficiente tecnologicamente. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi utilizar um resíduo amiláceo como depressor na flotação de minério fosfático, comparando os resultados obtidos com 5 (cinco) amidos comerciais de diferentes origens botânicas. Ensaios de flotação, utilizando-se 6 (seis) amostras diferentes (A1 a A6), foram

realizados em duplicata. A amostra A5 (resíduo), produziu um concentrado com cerca de 66,6% de recuperação metalúrgica, enquanto as amostras A3 e A6; 62,9% e 49,2%, respectivamente. Os teores de P_2O_5 obtidos para as amostras mencionadas ficaram em torno de 27,9%; 28,1% e 26,6%, respectivamente. Após análise estatística (ANOVA), verificou-se que não houve variação significativa ao nível de 5%, para teor de P_2O_5 e recuperação metalúrgica, com exceção da amostra A6, que apresentou os menores valores para os parâmetros citados. Os resultados encontrados abrem novas possibilidades para utilização de resíduos na flotação, uma vez que podem ser utilizados diretamente no processo de gelatinização, sem nenhum tipo de tratamento prévio ou modificações químicas.

Palavras-chaves: Minério Fosfático, Flotação, Depressor, Amidos, Resíduos amiláceos.

ABSTRACT

Several searches have been presenting the use of low-cost and environmentally friendly materials that guarantee efficiency in industrial processes. In flotation, the utilization of more sustainable and low-cost materials, such as depressants, can be a profitable and technologically efficient alternative. Therefore, the research's objective was to use an amylose residue as a depressant in the phosphate ore flotation. The work evaluated 5 (five) commercial starches from different botanical genes and compared their results. Flotation tests, using 6 (six) different samples (A1 to A6), were performed in duplicate. Sample A5 (residue) produced a concentrate with about 66.6% of the metallurgical recovery, while samples A3 and A6, 62.9% and 49.2%, respectively. The levels of P_2O_5 obtained for the mentioned samples were around 27.9%, 28.1%, and 26.6%, respectively. After statistical analysis (ANOVA), the results indicated there wasn't significant variation at the level of 5%, for P_2O_5 content and metallurgical recovery, except for sample A6, which had the lowest values for the parameters mentioned. Since the residue doesn't require any previous treatment or chemical modifications before the gelatinization process, the results open up new possibilities for using residues in flotation.

Keywords: Phosphate Ore, Flotation, Depressant, Starches, Amylose residues.

1 INTRODUÇÃO

A gestão das organizações cada vez mais se volta para a busca de novas ferramentas que as mantenham no mercado. Novas estratégias como a sustentabilidade integrada à preservação ambiental, bem-estar social e o desenvolvimento econômico, fazem parte dessa nova gestão, proporcionando a empresa um maior envolvimento com o futuro, que atrelado a sustentabilidade, faz com que o modelo de negócio proposto considere tanto as questões ambientais, quanto as sociais, tão relevantes quanto as questões financeiras (KNEIPP et al., 2012).

Neste contexto, a preocupação ambiental na indústria mineral brasileira vem se intensificando nos últimos anos. As empresas têm buscado uma produção mais sustentável através da redução de emissões atmosféricas nocivas, contaminantes tóxicos

em descargas de efluentes e geração de resíduos. A conservação da matéria-prima, água e energia, bem como a substituição de reagentes prejudiciais ao meio ambiente e a saúde, por outros biodegradáveis, também são estratégias que vêm sendo adotadas (HILSON, 2000).

Neste cenário, para que haja uma separação mais seletiva dos minerais, com consequente concentração do mineral-minério no processo de flotação, torna-se necessário a utilização de alguns reagentes, entre eles, os depressores, que são responsáveis por tornar a superfície dos minerais, que não se deseja flotar, mais hidrofílicas. Os depressores podem ser orgânicos ou inorgânicos, sendo os orgânicos mais vantajosos devido a sua estabilidade, baixo custo, biodegradabilidade e atoxicidade. Na flotação de minério fosfático brasileiro, o principal depressor utilizado é o amido (PERES; ARAUJO, 2006; SOUZA et al., 2014).

Apesar do baixo valor, o alto consumo de amido pelas usinas de beneficiamento de fosfato acarreta gastos elevados. Assim, para seleção do depressor, vários fatores devem ser considerados, não apenas sua performance, mas também seu custo, disponibilidade, biodegradabilidade, toxicidade, características do minério e do coletor empregado, entre outras (TURRER, 2007).

Como alternativa aos depressores atualmente empregados na flotação catiônica reversa de minério de ferro, avaliou-se a aplicação de um resíduo produzido por uma indústria alimentícia. Segundo estudos, o resíduo em dosagens maiores que 1600 mg/L poderia apresentar potencial para deprimir as partículas de hematita (SILVA et al., 2015). Da mesma maneira, resíduos provenientes do bagaço de cana de açúcar, bem como da água residual de mandioca, também mostraram forte potencial para depressão de hematita, em substituição ao amido comercial já empregado, tornando-os alternativas sustentáveis (MARINS et al., 2020).

Segundo pesquisas realizadas em fontes específicas da literatura, ainda é escasso o número de estudos que investigam resíduos como depressores na flotação de minério fosfático. Atualmente, as pesquisas estão voltadas para a avaliação de polissacarídeos comerciais, obtidos de diferentes fontes botânicas.

Nos municípios de Araxá e Perdizes, ambos localizados na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais, foi implantada, a alguns anos atrás, uma grande Empresa ligada a indústria de alimentos, com capacidade de produzir anualmente, cerca de 250 mil toneladas de batatas pré-fritas. Esta operação gera, através do processo industrial de transformação, vários tipos de resíduos, dentre eles, a polpa da batata, de onde é extraído

o resíduo amiláceo, que, após decantado e centrifugado, é estocado em sacos trançados de polipropileno tipo “big-bag” de 50 L.

Visando agregar benefícios econômicos e ambientais, o trabalho teve como objetivo avaliar a utilização deste tipo de resíduo como depressor na flotação aniônica direta do minério fosfático ultrafino, comparando os resultados obtidos com outros 5 (cinco) tipos diferentes de amidos comerciais, incluindo uma amostra empregada em usinas de beneficiamento de minério fosfático no Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Utilizou-se amostra de minério fosfático ultrafino com 10,77% de P_2O_5 ; 2,93 g/cm^3 de densidade e distribuição granulométrica com cerca de 80% das partículas menores que 75 μm (Fig. 1). Para a realização dos ensaios, desde a preparação dos reagentes até o processo de flotação, seguiu-se a metodologia dos trabalhos desenvolvidos no CEFET/MG, Campus Araxá (ALVES, 2016; COUTINHO, 2016; SANTOS, 2017).

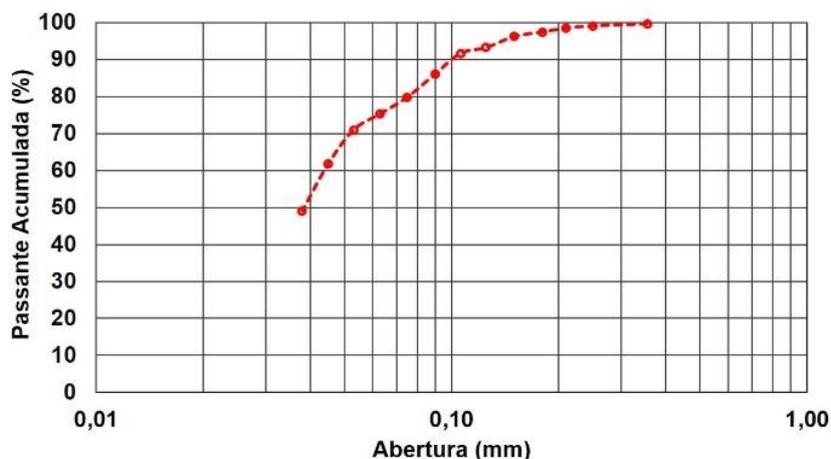


Figura 1 - Distribuição Granulométrica do Minério Fosfático Ultrafino

As amostras de polissacarídeos (A1 a A6) são provenientes de várias empresas localizadas em diversas regiões do Brasil e originárias de distintas fontes botânicas. A1: amido de milho utilizado no processo de flotação industrial; A2: amido de milho comercial; A3: amido de mandioca modificado; A4: amido de milho comercial waxy; A5: amido de batata residual e A6: amido de arroz hidrolisado. Relação amilopectina/amilose: A4>A6>A3>A2>A1>A5.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Preparação dos reagentes

Para a saponificação do óleo vegetal Hidrocol, utilizado como coletor aniônico da apatita, foi empregada uma relação óleo: soda igual a 7:1, obtendo-se uma solução com concentração de 2,5% (m/m). A dosagem empregada ao longo dos testes foi de 250g/t.

Para a gelatinização das 6 (seis) amostras de polissacarídeos (A1 a A6) (Fig. 2), empregou-se uma relação amido:soda de 4:1, obtendo-se concentrações de 3% (m/m) de amido. A dosagem adotada para os ensaios foi de 500 g/t.

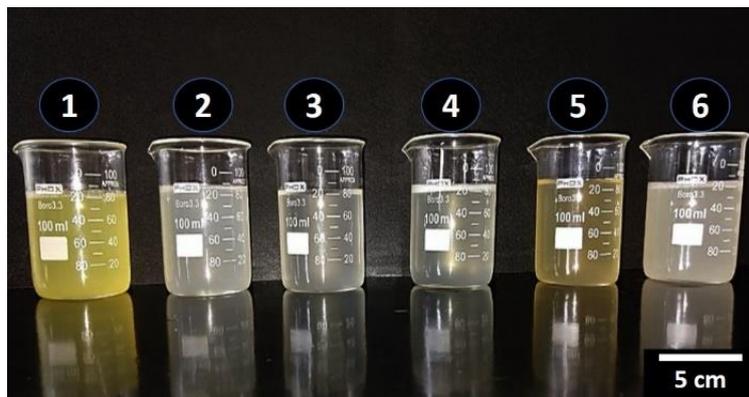


Figura 2 - Amostras Gelatinizadas: (1) A1, (2) A2, (3) A3 (4) A4, (5) A5, (6) A6

2.2.2 Condicionamento e flotação

Objetivando a interação dos reagentes com os minerais presentes na amostra, a fim de possibilitar a flotação das partículas de apatita, realizou-se primeiramente o condicionamento da polpa. Para realização dos testes foi utilizada a célula de flotação Denver, conforme mostra a Figura 3a. Inicialmente o depressor foi inserido e o minério condicionado durante 5 min. O coletor foi então inserido e os minerais, condicionados por 2 min. No condicionamento adotou-se 50% de sólidos (fração mássica) para a polpa, enquanto na flotação, 25%. O pH foi mantido em 9,5 mediante solução de NaOH (10% m/v), conforme mostra a Figura 3b.

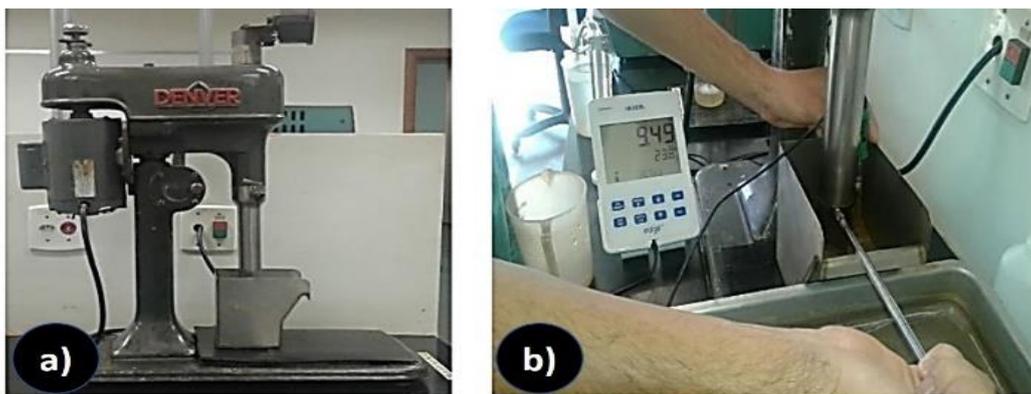


Figura 3 - (a) Célula de Flotação Denver; (b) Ajuste de pH da Polpa Através de Solução Alcalina

Durante o início do processo de flotação, a válvula para entrada de ar foi aberta e a espuma gerada, raspada até a formação de bolhas já desmineralizadas e em pequena quantidade. Para cada amostra gelatinizada foi realizado o teste de flotação em duplicata, totalizando 12 ensaios. No final de cada um deles, os concentrados e rejeitos foram enviados para caracterização química, com resultados semiquantitativos, por meio de um espectrômetro de Fluorescência de Raios-X por energia dispersiva (FRX) de marca Shimadzu modelo Ray Ny EDX 720, sob vácuo primário com pressão de 2×10^{-2} mBar. O material utilizado foi o passante na peneira de abertura 0,074mm, sendo compactados em porta-amostras.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de recuperação metalúrgica e teores de P_2O_5 estão mostrados na Figura 4. Os valores médios apresentados foram calculados através das duplicatas de cada um dos ensaios.

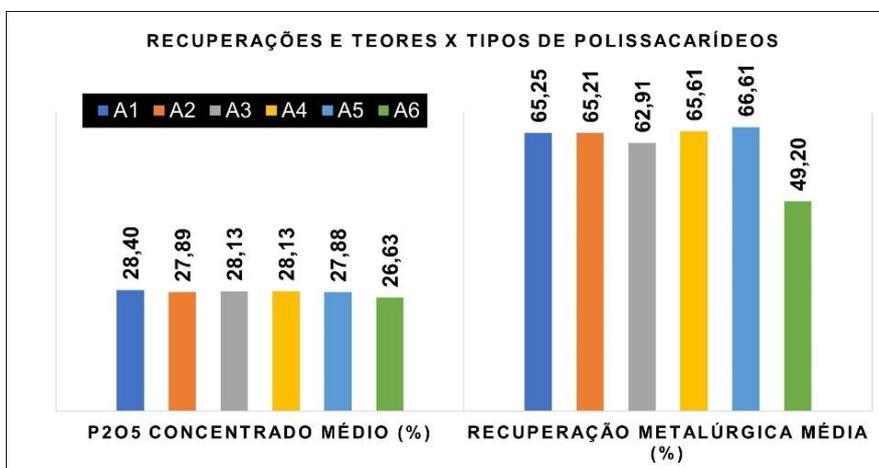


Figura 4 - Valores Médios de Teor de P_2O_5 e Recuperação Metalúrgica Média para cada Polissacarídeo

De acordo com a figura 4 observou-se que as amostras (A1), (A2), (A4) e (A5) se destacaram das demais, por terem apresentado melhor desempenho na flotação, com destaque para a amostra (A5), que produziu um concentrado com 66,61% de recuperação metalúrgica média e teor médio de P_2O_5 de 27,88%. Para estes parâmetros, a amostra (A6) foi a que apresentou o menor teor de P_2O_5 médio (26,63%) e menor recuperação metalúrgica (49,20%). Assim, constatou-se que a amostra (A6) não deprimiu somente os minerais de ganga, como também a apatita, não se mostrando uma boa alternativa para flotação direta de minério fosfático.

Objetivando comparar estatisticamente os resultados obtidos para cada um dos depressores, foram realizados testes de hipótese empregando o modelo Tukey, através da ferramenta de Análise de Variância (ANOVA), disponível no software Minitab. Para isso empregou-se um intervalo bilateral com nível de confiança igual a 95%. Essa verificação é de grande relevância, uma vez que os testes podem ser afetados por efeitos aleatórios levando ao aumento e/ou redução numérica das resultantes analisadas. Por este motivo, optou-se pelo teste Tukey, por ser mais conservador, na redução da ocorrência do Erro Tipo I, quando se rejeita a hipótese de que os dados são estatisticamente iguais (hipótese nula), sendo ela verdadeira (SOUSA et al., 2012).

Durante a realização do teste Tukey para os teores de P_2O_5 dos concentrados (Tab. 1), percebeu-se que os valores apresentados para as amostras A1, A2, A3, A4 e A5, apesar de distintos numericamente, não apresentaram diferenças significativas ao nível de 5%, sendo, portanto, iguais estatisticamente. A mesma conclusão foi adotada para os amidos A2, A5 e A6. Analisando em especial as amostras A1 (amido utilizado industrialmente na flotação de minério fosfático) e A5 (amido oriundo de resíduo alimentício), observou-se que o teor de P_2O_5 produzido pela amostra A1 é estatisticamente igual ao teor produzido pela amostra A5, ou seja, o amido residual se mostrou tão eficiente quanto o amido industrial no processo de flotação aniônica, se revelando um material com elevado potencial de aplicação no meio industrial, por contribuir na redução de custos durante o processo de flotação deste tipo de minério fosfático ultrafino.

Quanto aos resultados de recuperação metalúrgica (Tab. 1), constatou-se que não houve variação significativa ao nível de 5% para as amostras A1 a A5. A exceção foi novamente observada para a amostra A6, que apresentou variação significativa em relação as outras amostras, demonstrando claramente obter menor recuperação em relação as demais.

Tabela 1 - Comparação Estatística das Amostras para o Teor de P₂O₅ e Recuperação Metalúrgica

Concentrado		Teor de P ₂ O ₅ (%)		Recuperação Metalúrgica (%)	
Amido	N	Média	Agrupamento	Média	Agrupamento
A1	2	28,401	A	65,250	A
A2	2	27,886	A	65,210	A
A3	2	28,126	A	62,911	A
A4	2	28,131	A	65,610	A
A5	2	27,871	A	66,610	A
A6	2	26,626	B	49,200	B

Médias que não compartilham a mesma letra na coluna vertical são significativamente diferentes.

Os teores de P₂O₅ mostrados na Figura 4 e Tabela 1, para os concentrados fosfáticos obtidos, apresentaram-se inferiores aos exigidos pela indústria de fertilizantes (> 30-33% P₂O₅) (SANTANA et al., 2011). Com exceção do teor apresentado pela amostra (A6), todos as demais registraram tendências de valores constantes, considerando o valor absoluto igual a 28%. Isso demonstra a necessidade de inserir etapas de limpeza (cleaner e recleaner) no circuito de flotação para que o padrão de qualidade seja alcançado. Entretanto, vale ressaltar o desempenho semelhante obtido pela amostra residual (A5), em relação as amostras comerciais, inclusive sobre a que é empregada atualmente na indústria de flotação de minério fosfático (A1).

Os dados apresentados na Figura 4 e Tabela 1 são compatíveis com aqueles já citados na literatura. Souza *et al.* (2014) avaliaram oito tipos de depressores (hexametáfosfato de sódio, silicato de sódio, amido de milho, amido de mandioca, amido modificado I, amido modificado II, dextrina e carboximetilcelulose) na flotação aniônica direta de um minério fosfático sílico-carbonatado, com 17,2% de P₂O₅, utilizando célula de flotação. As dosagens de depressor foram variadas entre 100 e 600 g/t. Após a realização dos ensaios, os teores dos concentrados variaram entre 23 e 31% de P₂O₅, enquanto as recuperações metalúrgicas ficaram entre 44 e 83%. Para a dosagem de 500 g/t de amido de milho, obteve-se um concentrado com 28% de P₂O₅ e 66% de recuperação metalúrgica. Assim, percebe-se que os resultados alcançados neste trabalho (Fig. 4) permaneceram dentro destas faixas, e aqueles obtidos ao empregar os amidos de milho A1 e A2, foram semelhantes ao do trabalho supracitado.

No que se refere aos contaminantes (CaO, Al₂O₃ e Fe₂O₃), a Figura 5 mostra a relação destes com os teores de P₂O₅ obtidos no concentrado de cada teste. Somente a relação Al₂O₃/P₂O₅ atingiu os valores estipulados pela indústria de fertilizantes,

permanecendo abaixo de 0,095 (OLIVEIRA, 2007; SANTANA et al., 2011). As relações $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$ e $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{P}_2\text{O}_5$ ficaram acima dos valores considerados limites, iguais a 1,6 e 0,095; respectivamente, podendo ser reduzidas pela adição de etapas de flotação posteriores. Considerando o valor absoluto, a relação $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$, permaneceu igual a 1,7; com exceção do polissacarídeo (A6), que se manteve em torno de 1,8. A relação $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{P}_2\text{O}_5$ se manteve igual a 0,3 para todas as amostras.

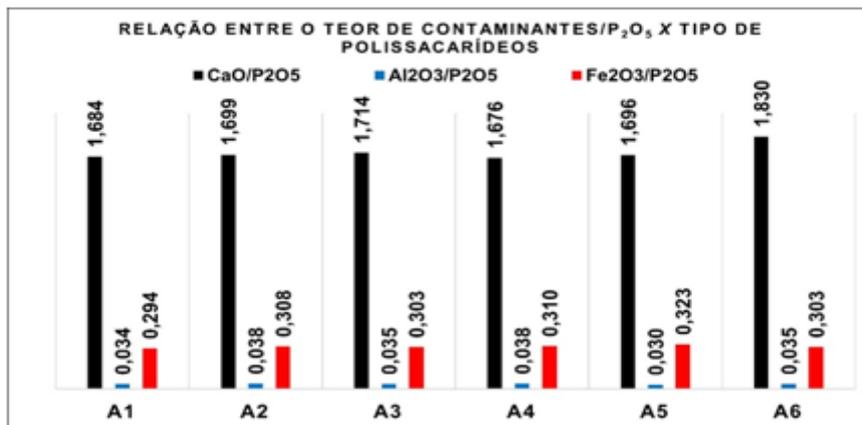


Figura 5 - Valores Médios da Relação do Teor dos Contaminantes e P_2O_5 para cada Ensaio

Analisando estatisticamente os valores encontrados para as relações entre o contaminante CaO e os teores P_2O_5 (Tab. 2), apenas a amostra A6 se mostrou distinta em relação as demais amostras, não variando estatisticamente ao nível de 5%. A utilização do amido A6 como depressor promoveu uma maior relação devido ao menor teor de P_2O_5 apresentado nos concentrados, como mostrado na Tabela 1.

Para as relações de $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{P}_2\text{O}_5$ e $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{P}_2\text{O}_5$, mostradas na Tabela 2, os valores observados para todas as amostras foram iguais estatisticamente ao nível de 5%, ou seja, nenhuma se sobressaiu em relação a outra, no que se refere aos parâmetros analisados.

Tabela 2 - Comparação Estatística das Amostras para as relações $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{P}_2\text{O}_5$ e $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{P}_2\text{O}_5$

Concentrado		$\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$		$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{P}_2\text{O}_5$		$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{P}_2\text{O}_5$	
Amido	N	Média	Agrupamento	Média	Agrupamento	Média	Agrupamento
A1	2	1,684	B	0,294	A	0,034	A
A2	2	1,699	B	0,308	A	0,038	A
A3	2	1,714	B	0,303	A	0,035	A
A4	2	1,676	B	0,310	A	0,038	A
A5	2	1,696	B	0,323	A	0,030	A
A6	2	1,830	A	0,303	A	0,035	A

Médias que não compartilham a mesma letra na coluna vertical são significativamente diferentes.

De forma geral, ao se comparar a amostra industrialmente utilizada (A1) com a amostra residual avaliada (A5), os valores obtidos para todos os parâmetros analisados foram estatisticamente iguais, não havendo, portanto, variações significativas ao nível de 5%, segundo o teste Tukey. Este resultado demonstra o alto potencial de utilização deste resíduo na flotação industrial de minério fosfático. Portanto, a amostra (A5) pode ser uma opção viável ambiental e economicamente, já que os custos atuais com depressores amiláceos representam cerca de 15% do valor total dos insumos necessários em usinas de beneficiamento de minério fosfático.

Outro ponto a ser analisado é a relação entre amilopectina/amilose. Como citado em Materiais e Métodos, as amostras A1 e A5 apresentaram os menores valores, quando comparados as demais amostras ($A4 > A6 > A3 > A2 > A1 > A5$). Entretanto, os resultados obtidos não apresentaram variações significativas ao nível de 5% em relação a amostra (A4), que apresentou a maior relação dentre as amostras avaliadas. Esse resultado se mostrou diferente dos resultados encontrados em outras referências, as quais apresentaram teores de amilose e amilopectina como justificativa da ação depressora dos amidos.

No trabalho de Guimarães *et al.* (2005), os autores atribuíram à amilopectina e amilose, o principal agente ativo para ação depressora. Nunes e Peres (2011), justificaram essa atividade depressora direcionada à amilose e à amilopectina pela presença, principalmente, dos grupos OH em suas estruturas e ao seu alto peso molecular.

Leal Filho *et al.* (1990), avaliaram diversos reagentes depressores na flotação de minério fosfático e mostraram que o amido com 95% de amilopectina atingiu recuperação 5% maior em relação a um outro amido convencional, com 24% de amilose e 75% de amilopectina.

No estudo de Peres e Correa (1996), os autores analisaram diferentes tipos de amidos, em especial, a ação dos seus componentes individuais na microflotação de hematita e quartzo. Na análise desses estudos, os autores concluíram que a zeína, proteína constituinte do milho, obteve uma ação depressora considerável, tanto quanto amidos com alto teores de amilopectina. Dessa forma, analisando os valores obtidos no presente trabalho e comparando-os com os apresentados na literatura, leva-se a crer que outros constituintes ou fatores presentes nestas amostras amiláceas, influenciaram o processo de adsorção das partículas, e não somente o teor de amilose/amilopectina.

4 CONCLUSÃO

Dentre os polissacarídeos analisados, a amostra residual (A5) se mostrou tão eficiente quanto os demais, com valores similares de teor de P_2O_5 e recuperação metalúrgica. O depressor (A6) não foi eficiente para o minério fosfático, promovendo baixa recuperação metalúrgica. De acordo com metodologia utilizada, o trabalho aventa a possibilidade de outros constituintes/fatores, presentes no amido, afetarem a depressão dos minerais de ganga presentes no minério fosfático, e não apenas a amilose e amilopectina. Entretanto, mais estudos e investigações precisam ser realizados para confirmação deste antagonismo. A análise estatística mostrou que os depressores, exceto o (A6), produziram concentrados com teores e recuperações sem variações significativas ao nível de 5% de acordo com o teste Tukey, indicando a alta potencialidade de aplicação da amostra residual na flotação de minério fosfático, em substituição ao amido comercial atualmente empregado. As amostras residuais de polissacarídeos podem ser utilizadas diretamente no processo de gelatinização, sem tratamentos prévios ou modificações químicas, necessitando apenas de desaguamento e secagem.

REFERÊNCIAS

ALVES, L. P.; SILVA, L. A.; OLIVEIRA, M. S.; CAPPONI, F. N. Ensaios exploratórios em coluna de flotação de Bancada com minério fosfático ultrafino. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, p. 1-8, 2016.

COUTINHO, Nathália Augusta Ferreira Sales. **Otimização do processo de flotação do minério fosfático sílico-carbonatado de Araxá-MG**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Minas) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Araxá, 2016.

GUIMARÃES R. C.; ARAUJO, A. C.; PERES, A. E. C. Reagents in igneous phosphate ores flotation. **Minerals Engineering**, v. 18, p. 199-204, 2005.

HILSON, G. Pollution prevention and cleaner production in the mining industry: an analysis of current issues. **Journal of Cleaner Production**, v. 8, p. 119-126, 2000.

KNEIPP, J. M.; GOMES, C. M.; BICHUETI, R. S.; MACCARI, E. A. Gestão para a sustentabilidade em empresas do setor mineral. **Revista de Ciências da Administração**, v. 14, n. 33, p. 52-67, 2012.

LEAL FILHO, L. S.; PERES, A. E. C.; OLIVEIRA, R. N. DAMASCENO, A. H. T. Estudo de novos depressoires para a flotação aniônica direta de fosfato de Jacupiranga. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA*, 14., 1990, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: 1990. p. 422-434.

MARINS, T. F.; RODRIGUES, O. M. S.; REIS, E. L. Utilising starches from sugarcane and cassava residues as hematite depressants. **Minerals Engineering**, v. 145, 1-5, 2020.

NUNES, A. P. L.; PERES, A. E. C. **Reagentes depressoires de carbonatos: uma revisão**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2011.

OLIVEIRA, Michelly dos Santos. **Minério fosfático sílico-carbonatado: Estudo fundamental**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

PERES, A. E. C.; ARAUJO, A. C. A flotação como operação unitária no tratamento de minérios. *In: CHAVES, A. P. (org.). Teoria e Prática do Tratamento de Minérios: Flotação O Estado da Arte no Brasil*. São Paulo: Signus, 2006. p. 1-29.

PERES, A. E. C.; CORREA, M. I. Depression of iron oxides with corn starches. **Minerals Engineering**, v. 9, n. 12, p. 1227-1234, 1996.

SANTANA, R. C.; DUARTE, C. R.; ATAÍDE, C. H.; BARROZO, M. A. S. Flotation selectivity of phosphate ore: effects of particle size and reagent concentration. **Separation Science and Technology**, v. 46, p. 1511-1518, 2011.

SANTOS, Kamylla Ferreira. **Flotação de minério fosfático sílico-carbonatado**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Minas) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Araxá, 2017.

SILVA, L. C. R.; RODRIGUES, O. M. S.; PEREIRA, C. A.; PEREIRA, V. B. Aplicação de resíduo da indústria alimentícia, como depressor de hematita. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA*, 26., 2015, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Poços de Caldas: 2015. p. 1-9.

SOUSA, C. A.; LIRA JUNIOR, M. A.; FERREIRA, R. L. C. Avaliação de testes estatísticos de comparações múltiplas de médias. **Revista Ceres**, v. 59, n.3, p. 350-354, mai/jun, 2012.

SOUZA, A. L.; ALBUQUERQUE, R. O.; LAMEIRAS, F. S.; PRAES, P. E.; PERES, A. E. C. Use of depressants in the direct flotation of a silicate-carbonate phosphate ore. **Revista Escola de Minas**, v. 67, n. 2, p. 191-196, abr./jun. 2014.

TURRER, Henrique Dias Gatti. **Polímeros depressores na flotação de minério de ferro**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.