



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102017020677-7 A2



(22) Data do Depósito: 27/09/2017

(43) Data da Publicação Nacional: 16/07/2019

(54) **Título:** AMIDO DE SORGO (SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH) COMO DEPRESSOR NA FLOTAÇÃO DE MINÉRIOS

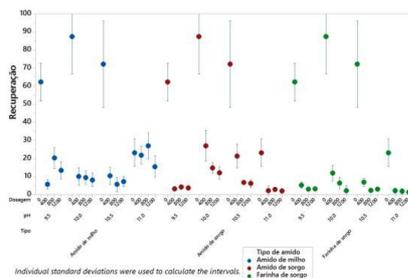
(51) **Int. Cl.:** B03D 1/016.

(52) **CPC:** B03D 1/016.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS.

(72) **Inventor(es):** ELENICE MARIA SCHONS SILVA; ANDRÉ CARLOS SILVA.

(57) **Resumo:** A presente patente de invenção refere-se ao uso do amido de sorgo como depressor na flotação de minérios. Mais precisamente, a invenção visa a aplicação de uma nova alternativa de reagente no processo de flotação, possibilitando a substituição do depressor convencionalmente utilizado (amido de milho) por um reagente que não é utilizado na alimentação humana no Brasil, não é exportado, demanda menores necessidades de água e nutrientes no seu cultivo e seu beneficiamento pode ser feito utilizando-se os mesmos equipamentos utilizados para o cultivo do milho.



## **AMIDO DE SORGO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) COMO DEPRESSOR NA FLOTAÇÃO DE MINÉRIOS**

### **Campo da Invenção**

**[001]** A principal aplicação da inovação é a flotação de minérios, aplicando-se a farinha e o amido de sorgo gelatinizados como depressores na flotação de minérios. Atualmente, o amido de milho é o depressor mais amplamente utilizado na flotação mineral. No entanto, sua produção é voltada amplamente para o mercado externo, além de sua utilização na indústria alimentícia e para alimentação animal. Além disso, em virtude da escassez de chuvas nos últimos anos, sua produção tem sido bastante comprometida, podendo gerar um prejuízo em torno de R\$ 800 milhões para o estado de Goiás no corrente ano, conforme dados do Canal Rural (2016).

**[002]** De acordo com relatório da Embrapa Milho e Sorgo (2008), o sorgo é uma cultura 100% mecanizável e em sua exploração podem ser utilizados os mesmos equipamentos de plantio, cultivo e colheita utilizados para outras culturas de grãos como a soja, o arroz, o trigo e o milho. Por outro lado, a cultura pode ser também conduzida manualmente com boa adaptação a sistemas utilizados por pequenos produtores. O preço de venda do sorgo é atrelado ao preço do milho, sendo cotado ao redor de 70 a 80% do valor deste. Outro fator relevante é que o sorgo não é utilizado na alimentação humana no Brasil e não possui mercado externo, além de ter significativa produção nacional e possibilidade de ampliação da mesma.

### **Fundamentos da Invenção**

**[003]** A flotação é um processo que permite separar os minerais uns dos outros, bem como impurezas que estejam agregadas a eles. O reagente depressor é de extrema importância para a eficiência do processo, uma vez que inibe a ação do coletor nos minerais que não se deseja flotar, tornando o processo seletivo.

**[004]** O reagente depressor comumente utilizado é o amido de milho. Segundo informações do Ministério da Agricultura (2016), o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, sendo o principal destino da safra as indústrias de rações para animais. O estudo das projeções de produção do cereal, realizado

pela Assessoria de Gestão Estratégica do Mapa, indica aumento de 19,11 milhões de toneladas entre a safra de 2008/2009 e 2019/2020. Em 2019/2020, a produção deverá ficar em 70,12 milhões de toneladas e o consumo em 56,20 milhões de toneladas. Esses resultados indicam que o Brasil deverá fazer ajustes no seu quadro de suprimentos para garantir o abastecimento do mercado interno e obter excedente para exportação, estimado em 12,6 milhões de toneladas em 2019/2020. Além disso, o milho produzido no Brasil é utilizado também na indústria alimentícia e, em sua maior parte, voltado ao mercado externo.

**[005]** O sorgo possui características de cultivo que fazem com que seu custo seja menor que o milho, tais como: menores necessidades de água e possibilidade de cultivo em solos mais pobres. Esses fatores contribuem para que o sorgo tenha um preço de mercado em torno de 30% menor que o milho, diminuindo os custos envolvidos na obtenção do depressor. Além disso, o sorgo não é utilizado ainda na alimentação humana no Brasil. Estudos têm demonstrado seu potencial de aplicação em alimentos livres de glúten, visando atender ao público celíaco ou que possua algum grau de intolerância a essa proteína. No entanto, sua utilização industrial ainda não está estabelecida, evitando a competição entre indústria mineral e alimentícia pela obtenção do produto.

**[006]** Dessa forma, o diferencial da invenção é a utilização de um novo depressor em processo de flotação, o amido de sorgo, constituindo um reagente ainda não aplicado industrialmente nessa função. Sua aplicação apresenta resultados semelhantes ao depressor utilizado industrialmente para determinadas concentrações, é tecnicamente viável, e é mais barato.

**[007]** No Brasil, segundo a Embrapa Milho e Sorgo (2016), a área plantada com sorgo granífero, na safra 2014/15, está estimada em 708 mil ha, com uma produção de grãos em torno de 1,92 milhão de toneladas. Esses valores indicam área bastante próxima ao ano anterior, com pequena redução de 3,1% em área plantada e 1,8% na produção. O estado de Goiás, maior produtor nacional, aumentou sua área em 12,4%; e Minas Gerais, o segundo maior produtor, em 6,8%. Já o estado do Mato Grosso reduziu sua área em 38,4% e foi ultrapassado

pelo estado da Bahia. Além disso, por ser uma cultura mais rústica, o sorgo é mais tolerante à seca e demanda menor utilização de defensivos agrícolas, o que o torna menos impactante do ponto de vista ambiental.

#### **Estado da Técnica relacionada**

**[008]** O invento traz nova alternativa no uso de reagentes empregados para os processos de flotação de minerais. A flotação, de forma geral, é um importante processo que viabilizou o desenvolvimento industrial, com a recuperação de minerais necessários para fomentar tal desenvolvimento. Portanto, ao trazer uma nova alternativa de depressor, o invento contribui com um processo de flotação mais eficiente e a um custo menor.

**[009]** Ressalta-se que, dado o potencial de utilização do amido de sorgo como depressor e sua eficiente atuação nos processos de flotação, comparando-se com o depressor convencionalmente utilizado atualmente (amido de milho), o invento contribui com a utilização mais ampla de um produto que pode ser cultivado em todo território brasileiro, com menores necessidades hídricas e de nutrientes, além da possibilidade de utilização dos mesmos equipamentos agrícolas empregados no cultivo e colheita do milho. Além disso, salienta-se que o sorgo possui preço cerca de 30% menor que o milho, destacando-se como uma alternativa atrativa para o setor mineral.

#### **Breve descrição das Figuras (caso haja)**

**[010]** A figura 1 apresenta um gráfico com os resultados da flotação de apatita em tubo de Hallimond com e sem a adição de depressores. Nota-se que a recuperação de apatita sem a presença de depressores chegou a 87.5% em pH 10. Com a adição dos depressores a recuperação caiu para valores abaixo de 30%, indicando a interação entre os depressores e o mineral, uma vez que o mesmo passou a ser deprimido. Os resultados encontrados para o sorgo (amido e farinha) são similares ou melhores que os encontrados para o milho, com menores desvios padrões dos resultados obtidos, indicando assim uma menor variabilidade entre os mesmos.

**[011]** A figura 2a apresenta a correlação entre os amidos de sorgo e milho para a flotação de apatita. Nota-se uma baixa correlação entre os resultados obtidos.

Já entre o amido e a farinha de sorgo a correlação obtida foi de aproximadamente 85%.

**[012]** A figura 3 apresenta um gráfico com os resultados da flotação de quartzo em tubo de Hallimond com e sem a adição de depressores. Nota-se que a recuperação de quartzo sem a presença de depressores atingiu resultados acima de 95% em todos os pHs testados. Com a adição de amido de milho a recuperação caiu para valores abaixo de 20% em pH 9 e dosagem 5 mg/L. Já para o amido de sorgo o menor valor de recuperação foi de 34.5% em pH 10,5 e dosagem de 40 mg/L. A adição de farinha de sorgo não interferiu na flotação de quartzo, o que indica uma excelente performance do depressor, uma vez que ao se deprimir o quartzo o mesmo estará sendo enviado para o concentrado na flotação reversa de minério de ferro. Para a flotação de quartzo o sorgo se apresenta como um depressor mais eficiente que o milho.

**[013]** A figura 4a apresenta a correlação entre os amidos de sorgo e milho e a 4b entre o amido e a farinha de sorgo para a flotação de quartzo. Nenhuma correlação foi encontrada entre os resultados.

**[014]** A figura 5 apresenta um gráfico com os resultados da flotação de hematita em tubo de Hallimond com e sem a adição de depressores. Nota-se que a recuperação de hematita sem a presença de depressores atingiu resultados acima de 80% em todos os pHs testados. Com a adição de amido de milho a recuperação caiu para valores abaixo de 6% em pH 9 e dosagem 20 mg/L, sendo este o melhor resultado obtido para o milho. Já para o amido de sorgo o menor valor de recuperação foi de 8% em pH 10,5 e dosagem de 40 mg/L. A farinha de sorgo não se mostrou como um depressor eficiente para a hematita nas condições testadas. Para a flotação de hematita o amido de sorgo se apresenta como um depressor mais eficiente que o milho, obtendo resultados similares ou melhores que o milho em quase todas as condições testadas.

**[015]** A figura 6a apresenta a correlação entre os amidos de sorgo e milho e a 6b entre o amido e a farinha de sorgo para a flotação de hematita. Nenhuma correlação foi encontrada entre os resultados.

### **Descrição Detalhada da Invenção**

[016] Os grãos de sorgo passaram por um processo de limpeza, classificação granulométrica e secagem em estufa. A farinha de sorgo foi obtida mediante cominuição dos grãos em moinhos de cereais. O amido de sorgo foi obtido a partir da farinha, utilizando-se solução de bissulfito de sódio 0,16%. A suspensão obtida (farinha de sorgo mais solução de bissulfito de sódio 0,16%) foi deixada em repouso em béquer de vidro por 24 horas à temperatura de 4°C, para decantação do amido, sendo posteriormente feita a drenagem do sobrenadante. A amostra foi suspensa em 600 mL de água destilada e homogeneizada em liquidificador por cinco minutos. O material homogeneizado foi peneirado utilizando-se duas peneiras com aberturas de 355, 75 e 38µm (45, 200 e 400#).

[017] O filtrado obtido foi submetido à centrifugação a 3600 rpm por cinco minutos. A parte líquida sobrenadante foi descartada e a camada superior (não branca) foi removida com espátula. O amido foi lavado com água destilada e centrifugado de cinco a dez vezes, até que o mesmo estivesse completamente branco. O amido obtido foi seco em estufa com circulação de ar forçado a 35°C por 12 horas. Os coletores utilizados foram os industrialmente utilizados para os referidos minerais, sendo:

- **Coletor para hematita e quartzo:** Flotigam EDA, fornecido pela Clariant. A hematita é convencionalmente deprimida em ensaios de flotação, uma vez que se utiliza a flotação reversa, sendo coletados os silicatos. No entanto, sem a utilização do depressor, a hematita será flotada;
- **Coletor para apatita:** Flotigam 5806, fornecido pela Clariant.

[018] Em todos os processos de flotação não houve a necessidade de se utilizar espumante, uma vez que os coletores utilizados foram saponificados, conferindo estabilidade às bolhas. Essa característica, de possuir também a função espumante, pode ser observada para as classes de coletores utilizados (aminas e ácidos graxos). O processo de gelatinização do amido foi realizado utilizando-se solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 10%.

[019] Os testes de microflotação foram realizados em tubo de Hallimond modificado utilizando-se amostras puras de hematita, quartzo e apatita,

variando-se a concentração do depressor e o pH da flotação. O tubo de Hallimond é produzido em vidro e composto por duas partes acopláveis por uma junta esmerilhada. A parte inferior constitui-se por um vidro poroso por onde são produzidas as bolhas por injeção de ar. A parte superior contém um compartimento para o armazenamento do material flotado. O tubo de Hallimond modificado apresenta um prolongamento da zona de coleta, diminuindo o arraste hidrodinâmico. O ajuste de pH foi realizado através da adição de solução de NaOH a 10%. A injeção de ar foi por compressor de ar. A vazão de ar foi medida com a utilização de um rotâmetro. O volume de solução coletor/água utilizado foi de 320mL, volume que correspondia à capacidade do tubo. As massas das amostras de mineral utilizadas, todas com elevado grau de pureza, foram de 1,0 g. Antes do início da microflotação, os minerais foram submetidos ao condicionamento com o depressor e, posteriormente, com o coletor, por um tempo pré-determinado, sob agitação constante. O tempo de flotação utilizado foi de 1 minuto. Todos os testes foram realizados em triplicata, sob as condições apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1 – Condições dos ensaios de microflotação**

Condições	Valores	
	Hematita e quartzo	Apatita
Vazão de ar (cm <sup>3</sup> /min)	40	
Pressão (psi)	10	
Tempo de condicionamento do depressor (min)	5	5
Tempo de condicionamento do coletor (min)	1	7
Tempo de flotação (min)	1	
Massa do mineral (g)	1,0	
Tamanho das partículas (µm)	105	

Concentração do coletor (%)	0,1	0,5
Concentração do depressor (%)	0,1	0,1
Dosagem do coletor	20 mg/L	300 g/t
Dosagem do depressor	5, 10, 20 e 40,0 mg/L	400, 800 e 1200 g/t
pH	9; 9,5; 10 e 10,5	9,5; 10; 10,5 e 11

## REIVINDICAÇÕES

1. Amido de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) como depressor na flotação de minérios caracterizado pelo uso do amido de sorgo gelatinizado como depressor na flotação de minérios revelou recuperações abaixo de 30% para a apatita acima de 34% para o quartzo e acima de 8% para a hematita em testes de microflotação em tubo modificado de Hallimond;
2. Amido de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) como depressor na flotação de minérios caracterizado pelo amido de sorgo gelatinizado mostrou-se eficaz como depressor na flotação de hematita quartzo e apatita em testes de microflotação realizados em tubo de Hallimond apresentando melhores resultados que o depressor industrial atualmente utilizado (amido de milho).

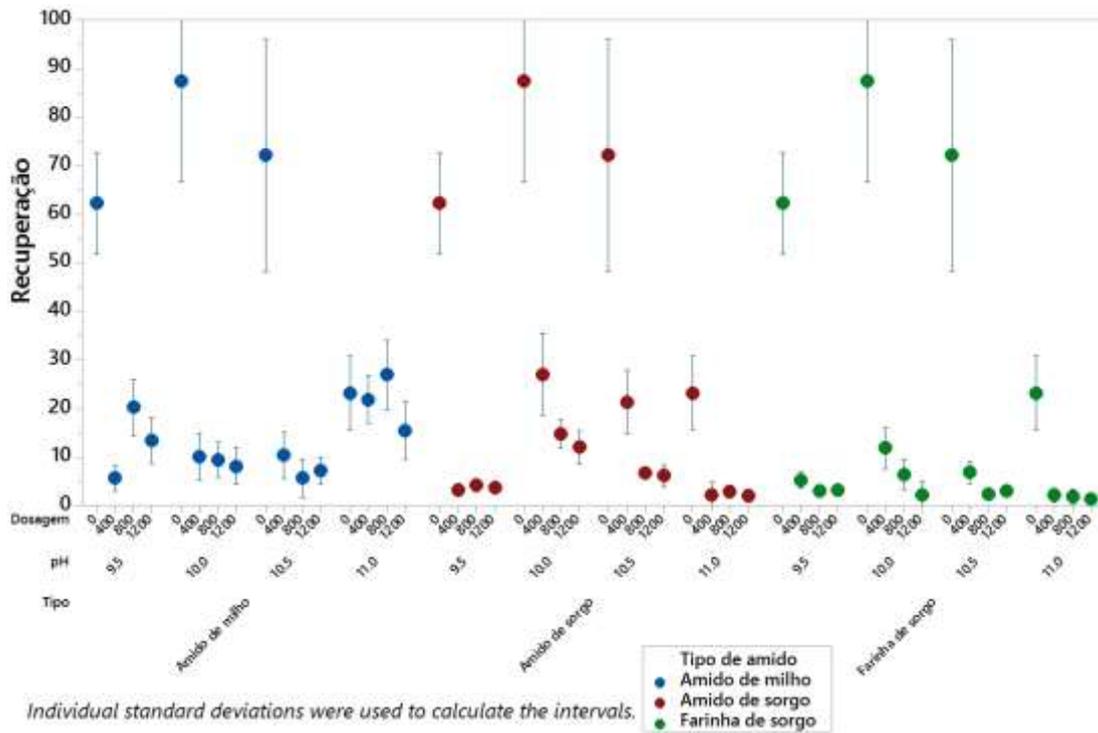


Figura 1

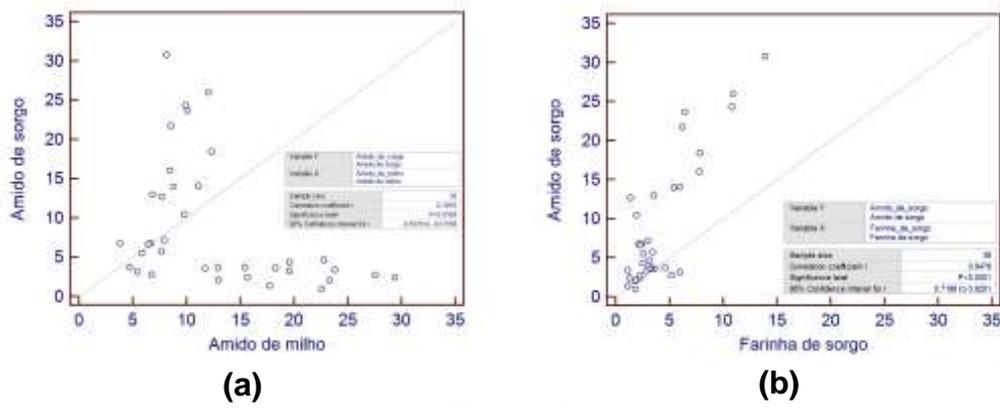


Figura 2

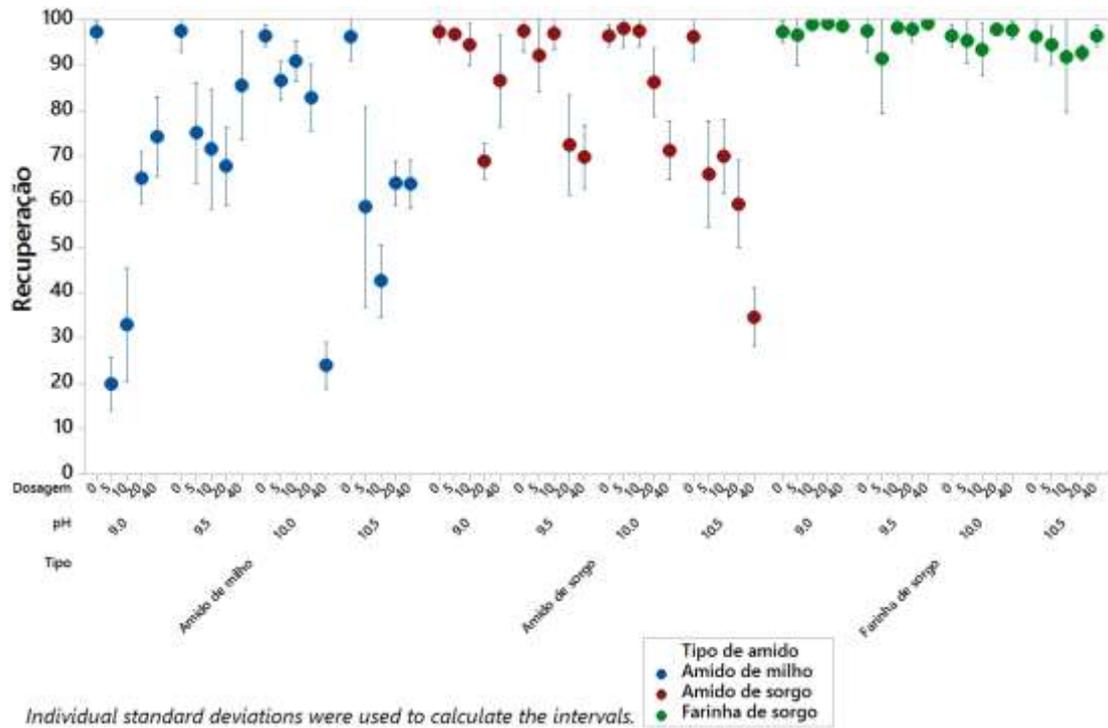


Figura 3

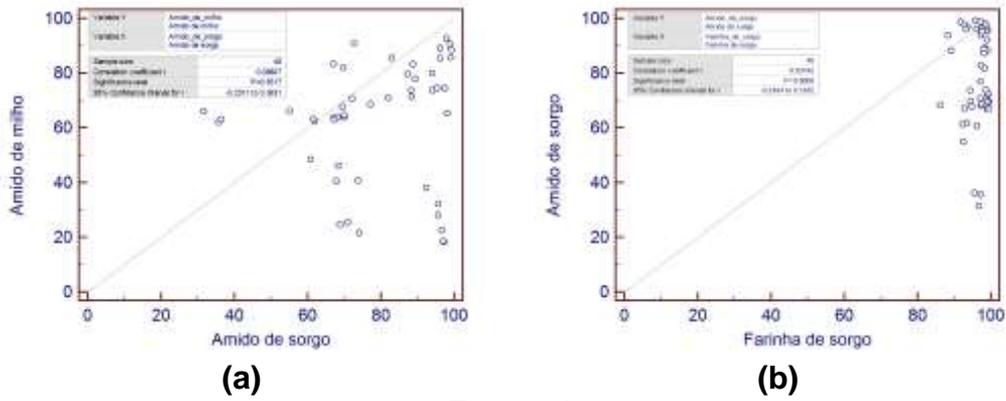


Figura 4

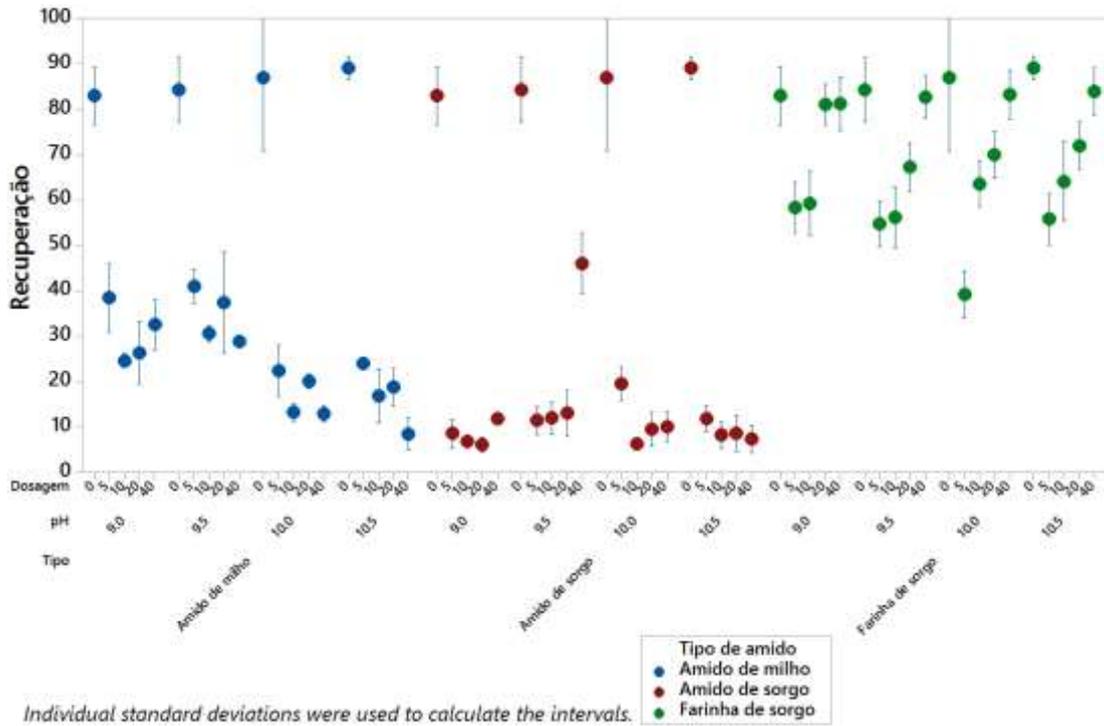


Figura 5

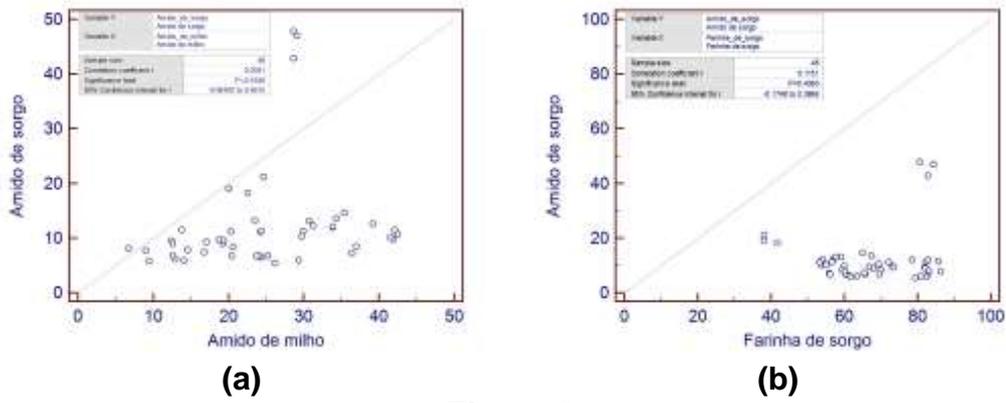


Figura 6

**RESUMO****AMIDO DE SORGO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) COMO DEPRESSOR NA FLOTAÇÃO DE MINÉRIOS**

A presente patente de invenção refere-se ao uso do amido de sorgo como depressor na flotação de minérios. Mais precisamente, a invenção visa a aplicação de uma nova alternativa de reagente no processo de flotação, possibilitando a substituição do depressor convencionalmente utilizado (amido de milho) por um reagente que não é utilizado na alimentação humana no Brasil, não é exportado, demanda menores necessidades de água e nutrientes no seu cultivo e seu beneficiamento pode ser feito utilizando-se os mesmos equipamentos utilizados para o cultivo do milho.