

SUBSTITUIÇÃO DA AMOSTRAGEM DE CONCENTRADO DE COBRE NO CARREGAMENTO RODOVIÁRIO POR AMOSTRAGEM NA TORTA DOS FILTROS NA MINA DE SALOBO*

Ricardo Nunes Melo¹

Suellen Ferreira²

Mário Felício Simão Freitas³

Jorge Paulo Arce⁴

Helbert Lino⁵

Tobias Cabral⁶

Eugênio Oliveira⁷

Resumo

O projeto de Salobo, Vale S/A, localizado em Marabá, região de Carajás, sudeste do estado Pará, apresenta a maior reserva mineral de cobre, bem como é o maior produtor, no Brasil. O depósito apresenta grande diversidade de minerais em sua composição, como granada, biotita, calcopirita, entre outros, com altos teores dos metais de interesse, mas também altos teores de deletérios e que estão presentes diretamente no concentrado. Isto demanda com que seja monitorado o produto para atendimento das especificações de qualidade dos clientes, tanto de teor de cobre quanto de deletérios. Para controle e previsibilidade da qualidade, são realizadas amostragens do concentrado filtrado em Salobo. Inicialmente, estas amostragens eram realizadas através da coleta de incrementos na concha da pá carregadeira durante o carregamento de caminhões. Esta amostragem exigia a presença de uma pessoa durante toda a operação, apresentando um risco muito alto de atropelamento. A proposta do trabalho é apresentar uma nova metodologia para amostrar o concentrado filtrado e reduzir o risco de atropelamento. A solução encontrada foi realizar as análises químicas do concentrado nas amostras de coletadas nas tortas dos filtros para checagem de umidade. Após campanhas de amostragens para avaliar a correlação dos resultados nas duas metodologias, foi possível alterar o procedimento de amostragem, reduzindo o risco operacional de atropelamento, bem como aumentando a produtividade do carregamento rodoviário.

Palavras-chave: Amostragem; Concentrado; Cobre; Qualidade;

REPLACEMENT OF COPPER CONCENTRATE SAMPLING IN TRUCK LOADING BY SAMPLING IN THE FILTER CAKE AT SALOBO MINE

Abstract

The Salobo project, Vale S/A, located in Marabá, Carajás region, southeast of the state of Pará, has the largest copper mineral reserve, as well as being the largest copper producer in Brazil. The deposit has a great diversity of minerals in its composition, such as garnet, biotite, chalcopyrite, among others, with high levels of the metals of interest, but also high levels of deleterious that are directly present in the concentrate. This requires that the product be monitored to meet the quality specifications of the customers, both in terms of copper and deleterious content. For quality control and predictability, samples of the filtered concentrate in Salobo are taken. Initially, these samplings were carried out by collecting increments in the loader bucket while loading trucks. This required the presence of a person throughout the operation, presenting a very high risk of being run over. The purpose of this work is to present a new methodology to sample the filtered concentrate and reduce the risk of being run over. The solution found was to carry out chemical analyzes of the concentrate on the samples collected from the filter cakes to check

moisture. After sampling campaigns to assess the correlation of the results in both methodologies, it was possible to change the procedure, reducing the operational risk of being run over, as well as increasing the productivity of truck loading. |

Keywords: | Sampling; Concentrate; Copper; Quality; |

- ¹ | *Engenheiro de Minas e Meio Ambiente, MBA Gestão de Projetos, Engenheiro Sênior, Gerência de Desenvolvimento de Processos e Controle de Qualidade de BMSA, Vale S. A – Salobo, Floresta Nacional Tapirapé Aquiri, Marabá, Pará, Brasil*
- ² | *Administradora, Analista Sênior, Gerência de Desenvolvimento de Processos e Controle de Qualidade de BMSA, Vale S. A – Salobo, Floresta Nacional Tapirapé Aquiri, Marabá, Pará, Brasil*
- ³ | *Engenheiro Industrial Químico, Engenheiro Sênior, Gerência de Desenvolvimento de Processos e Controle de Qualidade de BMSA, Vale S. A – Salobo, Floresta Nacional Tapirapé Aquiri, Marabá, Pará, Brasil*
- ⁴ | *Engenheiro de Produção e Gestão de Projetos, Coordenador de Controle de Qualidade, Gerência de Desenvolvimento de Processos e Controle de Qualidade de BMSA, Vale S. A – Salobo, Floresta Nacional Tapirapé Aquiri, Marabá, Pará, Brasil*
- ⁵ | *Engenheiro Metalurgista, MBA Gestão de Projetos, Analista Sênior, COI Complexo Vargem Grande – Vale S.A., Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil*
- ⁶ | *Engenheiro Químico, M.Sc. em Sustentabilidade na Mineração, Gerente, Gerência de Desenvolvimento de Processos e Controle de Qualidade de BMSA, Vale S.A. – Salobo, Floresta Nacional Tapirapé Aquiri, Marabá, Pará, Brasil*
- ⁷ | *Engenheiro Metalúrgico, MSc, Engenheiro Especialista, Gerência de Desenvolvimento de Processos e Controle de Qualidade de BMSA, Vale S. A – Salobo, Floresta Nacional Tapirapé Aquiri, Marabá, Pará, Brasil*

1 INTRODUÇÃO

A província mineral de Carajás, no sudeste estado do Pará, é a maior do Brasil e uma das maiores do mundo. Nela estão localizados vários projetos de mineração de extração commodities como, ferro, manganês, cobre, ouro, entre outros. Nesta região, estão localizados os projetos de cobre, Sossego e Salobo.

O projeto Salobo, localizado em Marabá, é maior produtor de concentrado de cobre no Brasil, assim como sua reserva mineral é maior do país, avaliada em 1.2 bilhão de toneladas a um teor médio de cobre 0.64%. A jazida apresenta grande diversidade de minerais em sua composição, como granada, biotita, calcopirita, entre outros, com altos teores dos metais de interesse, (Cu, Au e Ag), mas também com altos teores de deletérios, sendo principais, Carbono, Cloro, Flúor e Urânio.

O processamento do minério da planta de Salobo envolve as seguintes operações: britagem primária e secundária, peneiramento, prensagem, moagem, flotação, remoagem, espessamento e filtragem, conforme figura 1.

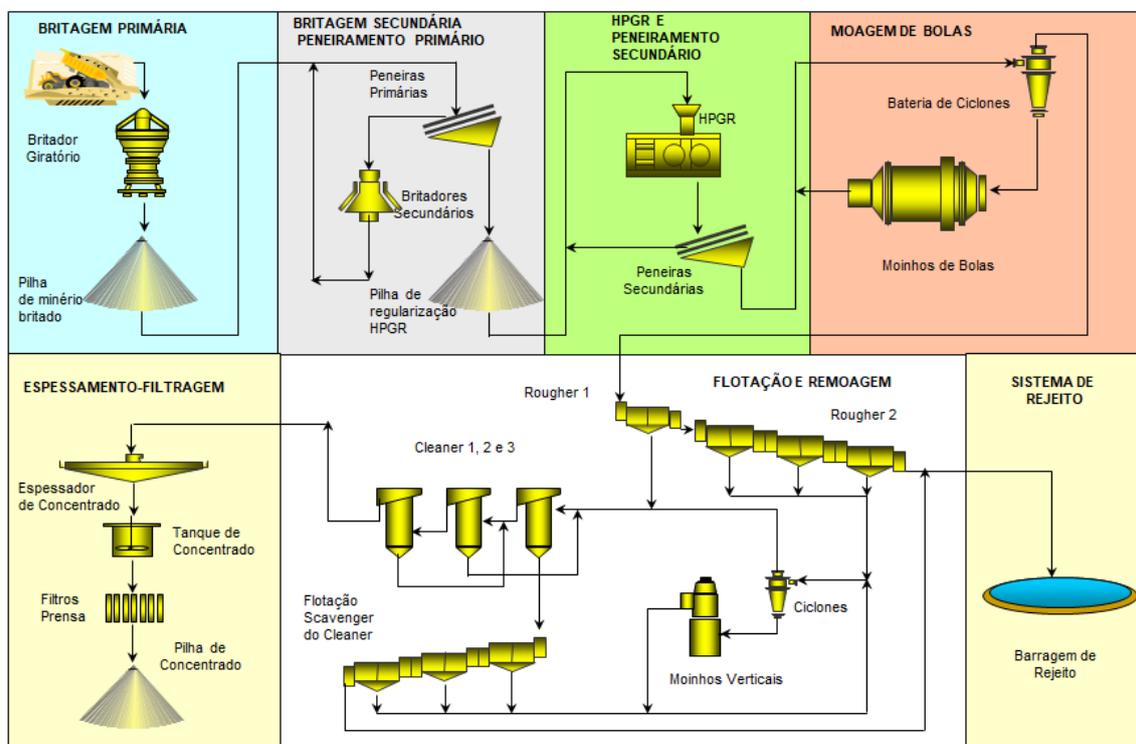


Figura 1. Fluxograma da planta de beneficiamento de Salobo.

Atualmente, Salobo possui 3 usinas de beneficiamento. A usina Salobo I iniciou suas operações em junho de 2012, e a partir de dezembro de 2022, com o início da operação da usina Salobo III, o complexo de usinas Salobo atinge a capacidade nominal combinada de processamento de 36 milhões de toneladas de minério por ano, 12 milhões por usina.

Através do processo de flotação, o concentrado de cobre com teor médio de 37,5% é produzido, gerando como coproduto ouro e prata, em menores proporções, e que agregam valor ao concentrado. O concentrado produzido em Salobo é transportado via caminhões rodoviários da mina até o entreposto, onde o mesmo é carregado em vagões com destino ao Porto de Itaqui, Maranhão.

O processamento do minério na planta é complexo devido a diversidade mineralógica do depósito, impactando diretamente na qualidade do concentrado.

Sendo necessário que todo produto produzido e expedido seja monitorado para controle de qualidade de concentrado e garantia de atendimento das especificações de qualidade dos clientes; teor de cobre (42 a 35%) e deletérios dentro da variação aceitável. Dependendo do mineral alimentado, há variações nos teores de cobre no concentrado, o controle operacional da usina realiza os ajustes de processo para reduzir estas variações. Os deletérios também variam diretamente com o minério alimentado; o que faz com que diferentes performances metalúrgicas destes elementos ocorram no beneficiamento, U e C, por exemplo, no processo são direcionados ao concentrado, já F e Cl são direcionados para o rejeito. O grau de “enriquecimento” ou “empobrecimento” desses elementos varia diretamente com a mineralogia.

Em resumo, a presença de deletérios no concentrado é reflexo direto da presença desses destes elementos no minério que alimenta a usina. O que exige com que sejam avaliados de forma direta para que seja possível produzir concentrado dentro das especificações de qualidade, além de garantia das condições de normalidade na operação das usinas. C, por exemplo, afeta as operações de flotação e filtragem.

Desde o início das operações da usina de Salobo, em 2012, a amostragem de concentrado para acompanhamento da qualidade do produto transportado e estocado era realizada através de coleta de incrementos concha da pá carregadeira durante o carregamento rodoviário. Em cada “conchada” incrementos eram coletadas e, após, o carregamento de 10 caminhões, 1 amostra era gerada. A metodologia foi replicada do projeto Sossego para Salobo.

Esta amostra é chamado de PFC (produto final caminhão) e é necessária conhecer a qualidade do produto que está sendo transportado e que será embarcado, para que assim seja possível definir estratégias de separação do concentrado em pilhas de acordo com a qualidade, *blends* para atendimento das especificações de qualidade para cada cliente e fornecer uma boa previsibilidade dos volumes de metal contido no concentrado, bem como dos contaminantes, a ser comercializado, uma vez que estes volumes são de grande importância para previsibilidade da receita por parte da área comercial (LINO, H.F. et. al, 2017).

Esta amostragem apresenta alto risco operacional devido interface homem-máquina (figura 2), exposição de um colaborador com os equipamentos pesados (caminhão e pá carregadeira) ao longo de todo expediente de trabalho. Além da demanda de alocação de colaborador exclusivo para a atividade enquanto houvesse carregamento. Durante todo o processo de carregamento, ao realizar o carregamento dos caminhões, a pá carregadeira com a concha cheia de concentrado necessitava parar para que um incremento fosse retirado de cada “conchada”. Ocasionalmente em um processo demorado, com baixa produtividade.



Figura 2: Amostragem de concentrado na concha da pá carregadeira durante o carregamento rodoviário.

A norma “ABNT NBR ISO 12743:2011 Concentrados de cobre, chumbo, zinco e níquel — Procedimentos de amostragem para determinação dos teores de metal e umidade” (2011) define uma amostragem correta é aquela nos quais todos os incrementos têm a mesma probabilidade de serem selecionados e estarem na amostra. Ainda segundo a ABNT, a amostragem mecânica em fluxo em movimento é o método mais recomendado para o concentrado de cobre, pois a representatividade de amostragens em caminhões, vagões, ..., depende do acesso à profundidade de todo concentrado e do uso do instrumento adequado.

No carregamento de navios no Porto de Itaqui, São Luís, Maranhão, há um amostrador em correia *cross belt*, este segue todas as orientações definidas na NBR ISSO 12743:2011 e certificado. Apesar das amostragens realizadas na Salobo não seguirem todas as orientações definidas pela norma, se os resultados dela forem aderentes com os resultados da amostragem certificada, é possível utilizar amostragem no projeto para prever a qualidade embarcada com base no que está sendo filtrado e expedido.

O objetivo deste trabalho é apresentar o processo de substituição das amostragens de concentrado durante o carregamento rodoviário pela amostragem em tortas dos filtros para acompanhamento e controle de qualidade do produto expedido, rastreabilidade do concentrado, definição de blend para formação de carga e garantia de atendimento das especificações do produto aos clientes, e previsibilidade comercial dos metais vendidos para faturamento e pagamento de penalidades.

2 DESENVOLVIMENTO

O trabalho de substituição da amostragem de concentrado de cobre no carregamento rodoviário partiu inicialmente do objetivo de reduzir a exposição do colaborador que realiza a amostragem ao risco de atropelamento pelas máquinas pesadas que operam no galpão. A partir de então, avaliou-se a possibilidade de utilizar as amostras de cada filtro já eram realizadas na rotina para avaliação de umidade do concentrado filtrado. Ou seja, passar a realizar análises químicas nas amostras de torta dos filtros evitando assim a execução da amostragem na pá carregadeira.

As amostragens de umidade dos filtros (figura 3) já eram realizadas rotineiramente todos os turnos conforme o procedimento “PRO 020063 - Amostragem Manual de Produto Final da Filtragem”.



Figura 3: Amostragem de umidade nas tortas dos filtros.

A proposta então é encerrar as amostragens de PFC e passar a analisar quimicamente as amostras já coletadas para a umidade (figura 4).

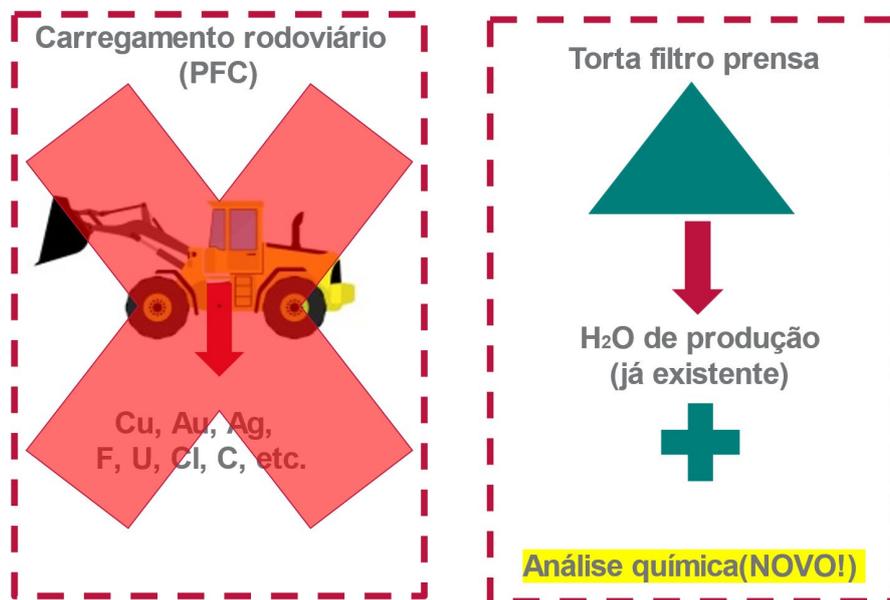


Figura 4. Proposta de mudança de metodologia de amostragem.

Foram então realizadas duas campanhas de amostragem para comparar os resultados dos dois métodos. As campanhas seguiram a seguinte metodologia. As amostragens de PFC continuaram a serem executadas normalmente, mas também se passou a utilizar as amostras coletadas das tortas dos filtros prensas. Como a amostra de umidade já era coletada em casa filtro, foi necessário apenas compor uma nova amostra, chamada de Produto Final Expedido (PFE), com base em incrementos de massa de cada filtro, e a proporção de cada incremento é proporcional à produção do filtro no turno de referência, de maneira que a amostra composta fosse representativa para cada turno.

Ao final das duas campanhas, 224 turnos foram avaliados, 84 turnos na primeira e 140 na segunda. Os seguintes elementos foram avaliados, Cu, Au, Ag, F, Cl, C e U, nas amostras geradas nos dois métodos foram então avaliados para verificar se existência de correlação ou variação estatística aceitável entre os dois.

Nas figuras abaixo, é possível verificar algumas das análises estatísticas realizadas para avaliação dos métodos para o elemento Cu (figura 5).

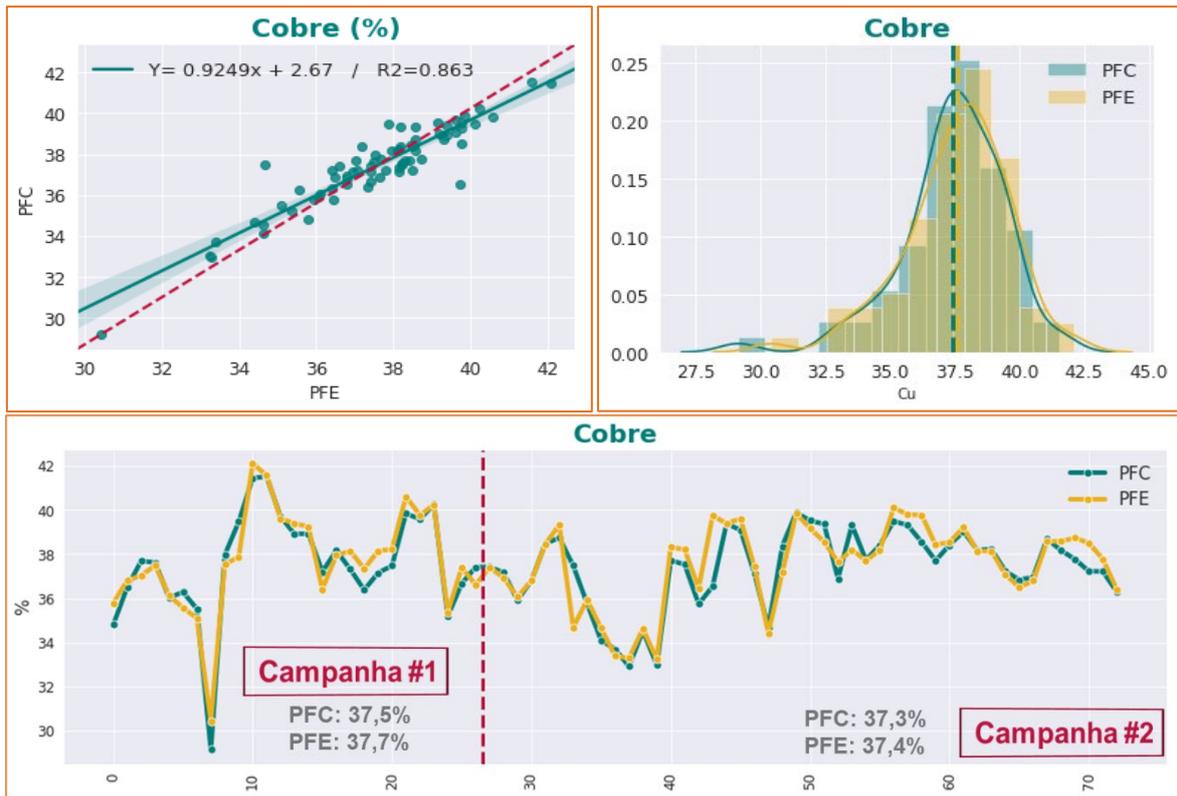


Figura 5. Análises estatísticas comparativas de metodologias de amostragem para o elemento Cu

Os resultados avaliados para todos os elementos apresentaram alta correlação estatística nos dois métodos. Além de uma diferença analítica dentro do aceitável; menor que a incerteza de análise do laboratório.

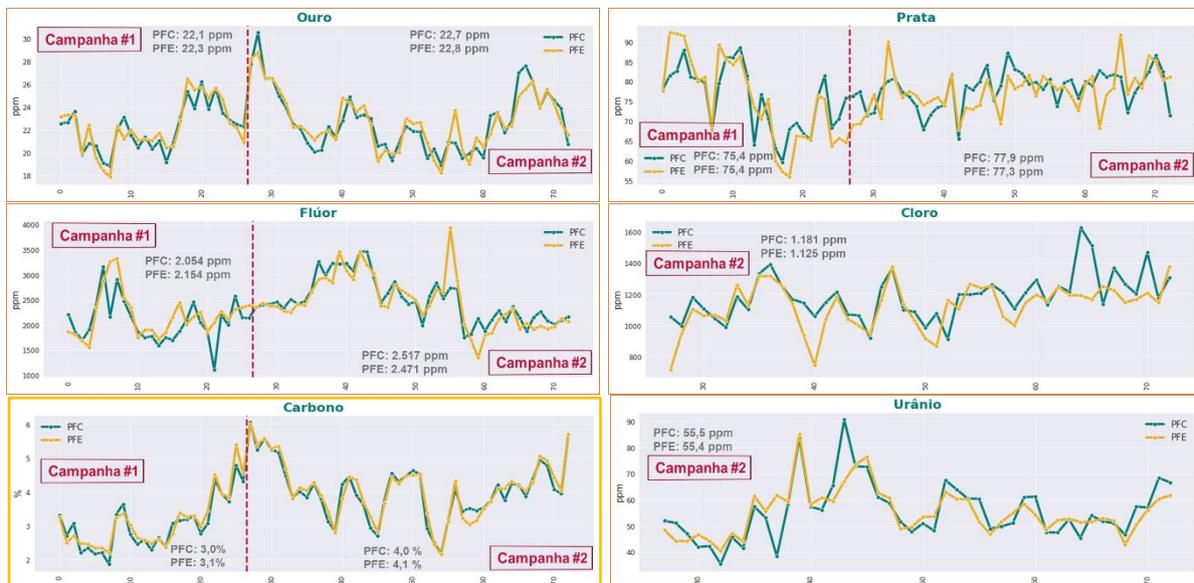


Figura 6. Análises estatísticas comparativas de metodologias de amostragem para os elementos Au, Ag, FI, Cl, C e U.

As campanhas de amostragem foram realizadas em 2020, e o novo método foi implementado em regime de operação assistida em 2021. Em 2022, todas as estimativas de embarque foram feitas considerando exclusivamente os resultados das amostras de PFE, na figura 7, é apresentado o acompanhamento da qualidade

estimada e real nos embarques em 2022 e é possível observar uma alta aderência entre os teores, diferença menor que 0,1p.p. na média do ano.

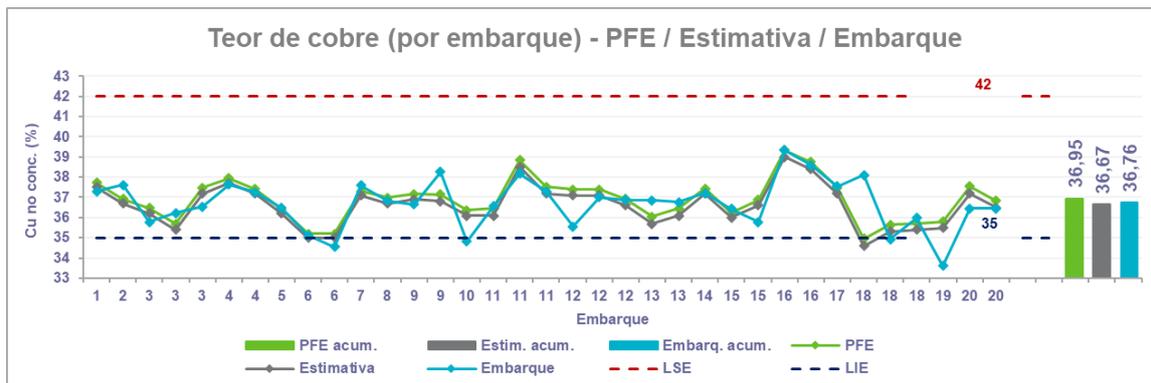


Figura 7. Comparação dos teores reais e teores estimados de Cu no concentrado embarcado em 2022.

3 CONCLUSÃO

A substituição do método de amostragem de concentrado se mostrou viável diante da baixa variação estatística entre os resultados dos dois métodos para todos os elementos avaliados, não tivemos impactos nas informações de qualidade. Apresentando ainda alta aderência dos teores estimados no concentrado (que usam como base as informações desta amostragem) e teores reais nas amostras coletadas no embarque ou desembarque das cargas.

É importante ressaltar que as informações geradas nas amostragens da torta do concentrado filtrado são utilizadas apenas para a estimativa de qualidade do concentrado embarcado. Os valores oficiais utilizados no faturamento das cargas são obtidos através da amostragem realizado amostrador *cross belt* (amostragem certificada) que existe no sistema de correias que realiza o carregamento e concentrado no Porto de Itaqui, de São Luís, Maranhão.

Como um dos maiores ganhos da implementação desse projeto está a redução do risco de atropelamento durante a amostragem. Como a amostragem agora é realizada nas pilhas de concentrado filtrado, o colaborador que realiza esta atividade não tem mais contato direto com as máquinas pesadas.

Com a mudança, ocorreu também um aumento direto na produtividade do carregamento rodoviário, com uma redução de aproximadamente 50% do tempo, de 3 para 2 minutos, de carregamento por caminhão, o que em um dia representa cerca de 1h. Além disso, foi otimizada a mão de obra do amostrador do laboratório, possibilitando a melhor alocação do recurso e melhorias nos processos laboratoriais.

REFERÊNCIAS

- 1 **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS:** NBR ISO 12743:2011 Concentrados de cobre, chumbo, zinco e níquel — Procedimentos de amostragem para determinação dos teores de metal e umidade. **Rio de Janeiro, RJ, 2011.**
- 2 **LINO, H.F. et al.** Previsibilidade da qualidade do concentrado de cobre embarcado do Salobo. XXVII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Belém, PA, 2017.
- 3 **PRO 020063.** Amostragem Manual de Produto Final da Filtragem. Vale, 2022.]