



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE JURUTI
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE MINAS**

FERNANDO LUIZ SILVEIRA

**AS BAUXITAS BRASILEIRAS E O TRATAMENTO DADO AO MINÉRIO DE
JURUTI (PA)**

**JURUTI-PA
2022**

FERNANDO LUIZ SILVEIRA

**AS BAUXITAS BRASILEIRAS E O TRATAMENTO DADO AO MINÉRIO DE
JURUTI (PA)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Minas, no Campus Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste do Pará.

Orientador: Prof. Me. Régis Quesada Casquet

**JURUTI-PA
2022**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFOPA

- F587b Silveira, Fernando Luiz
 As bauxitas brasileiras e o tratamento dado ao minério de Juruti (PA)./
 Fernando Luiz Silveira. – Juruti, 2023.
 53 p.: il.
 Inclui bibliografias.
- Orientador: Régis Quesada Casquet.
 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do
Oeste do Pará, Campus Universitário de Juruti, Curso de Bacharelado em
Engenharia de Minas.
1. Bauxita. 2. Características da bauxita. 3. Lavra em tiras. I. Casquet, Régis
Quesada, orient. II. Título.

CDD: 23 ed. 549.5398115

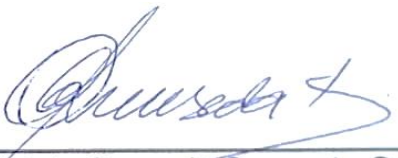
FERNANDO LUIZ SILVEIRA

**AS BAUXITAS BRASILEIRAS E O TRATAMENTO DADO AO MINÉRIO DE
JURUTI (PA)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Minas, no Campus Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste do Pará.

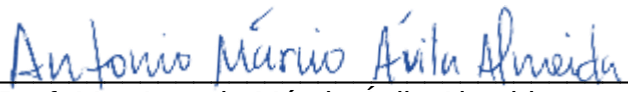
Nota: 8,6

Data da Aprovação: 19/05/2023



Prof. Me. Régis Quesada Casquet - Orientador
Universidade Federal do Oeste do Pará -
(UFOPA/CJUR)

Campus Universitário de Juruti



Prof. Me. Antonio Márcio Ávila Almeida
Universidade Federal do Oeste do Pará - Campus Universitário de Juruti
(UFOPA/CJUR)

Documento assinado digitalmente



MATHEUS DINIZ PINTO DE MORAIS
Data: 05/06/2023 14:58:48-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Me. Matheus Diniz Pinto de Moraes
Universidade Federal do Oeste do Pará - Campus Universitário de Juruti
(UFOPA/CJUR)

Dedico este trabalho aos meus filhos Marcos e Maria, a minha esposa Fernanda, a minha Mãe (in memoriam) e ao meu Pai, que sempre me apoiaram durante todo esse período de estudos.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus pela força, pelo amor que tem por mim, pela determinação e oportunidade de concluir esse curso.

Agradeço a minha família como um todo, que sempre esteve ao meu lado, mesmo que a distância física nos separasse, estiveram me apoiando em todos os momentos destes últimos quase seis anos em que estive realizando este sonho.

Agradeço aos amigos que fiz durante essa jornada que mudou nossas vidas, pelo companheirismo, pelas matérias que me passavam quando não podia ir a aula por causa do trabalho, pelos dias em que nos reunimos para estudar, comer, rir e falar da vida alheia.

Agradeço a minha esposa, Fernanda, por suportar tantos momentos difíceis, suportar minha falta, minhas dificuldades e por se manter ao meu lado nos momentos mais difíceis que passei.

Agradeço aos professores que sempre entenderam as minhas dificuldades com horários devido ao turno de trabalho, sempre me auxiliaram nas dúvidas e principalmente por ensinar com boa vontade aquilo em que tive dificuldades.

Agradeço também aos companheiros de trabalho que de certo modo também ajudaram a chegar até aqui.

“O dom de poder mental vem de Deus, o Ser Divino e se concentrarmos nossas mentes na verdade, ficamos em sintonia com este grande poder”.

Nikola Tesla

RESUMO

Este trabalho tem a finalidade de estudar e conhecer de modo resumido as principais ocorrências de bauxita no Brasil e suas características mais importantes, como alguns dos processos de formação do mineral, localização das maiores jazidas em operação, buscando assim um melhor conhecimento desse minério essencial para a produção de alumina, alumínio metálico e os vários outros produtos químicos advindos dessa cadeia produtiva. Este trabalho visa conhecer onde cada uma das ocorrências de bauxita é explorada, qual a cidade em que existem minas e sua localização dentro do país. Busca também um melhor entendimento das características da bauxita do município de Juruti no oeste do Pará que possui uma das maiores reservas de bauxita de alta qualidade do mundo, onde a mineradora norte americana Alcoa World Alumina opera uma mina de bauxita que possui operações desde a lavra, beneficiamento, transporte por ferrovia própria e carregamento do minério em um porto à beira do rio Amazonas com grande produção anual. Estudaremos a ocorrência mineral do município o método de lavra usado pela mineradora e o tratamento dado ao minério antes de sua exportação.

Palavras-chave: Bauxita. Características da bauxita. Lavra em tiras.

ABSTRACT

This work has the purpose of studying and knowing in a summarized way the main occurrences of bauxite in Brazil and its most important characteristics, as some of the mineral formation processes, location of the largest deposits in operation thus seeking a better knowledge of this ore essential for the production of alumina, metallic aluminum and the various other products chemicals from this production chain. This work aims to know where each one of the occurrences of bauxite in explored, which city has mines and its location within the country. It also seeks a better understanding of the characteristics of bauxite from the municipality of Juruti in western Pará, which has a of the largest high-quality bauxite reserves in the world, where the mining company north American Alcoa World Alumina operates a bauxite mine that has operations from, mining, processing, transportation by own railroad and ore loading at the port on the Amazon River with great annual production of this ore. We will study the mineral occurrence of the municipality the mining method use by the mining company and the treatment given to the ore before its export to national and international markets.

Keywords: Bauxite. Bauxite characteristics. Lave in strips.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Rocha de Bauxita	15
Figura 2 - Localização do município de Juruti no estado do Pará	22
Figura 3 - Bauxita da Zona da Mata Mineira.....	25
Figura 4 - Mapa de localização do quadrilátero ferrífero	26
Figura 5 - Mapa de localização de Poços de Caldas, MG	28
Figura 6 - Bauxitas do município de Poços de Caldas, MG.....	29
Figura 7 - Mina de Bauxita em Barro Alto, GO	31
Figura 8 - Perfil litológico da região de Juruti, PA.....	32
Figura 9 - Minerador contínuo operando em Paragominas, PA.....	33
Figura 10 - Vista área da vila de Porto Trombetas, PA	34
Figura 11 - Perfil litológico de Porto Trombetas, PA.....	35
Figura 12 - Mina de bauxita em operação em Trombetas, PA	36
Figura 13 - Bauxita de Juruti.....	38
Figura 14 - Perfil litológico de uma lavra da Mina de Juruti, PA	40
Figura 15 - Fluxograma do processo de extração de bauxita de Juruti	41
Figura 16 - Esquema do método de lavra em tiras.....	42
Figura 17 - Pilhas de minério lavado do beneficiamento de Juruti	44
Figura 18 - Fluxograma do Beneficiamento da Bauxita em Juruti	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção de bauxita nos anos de 2019 e 2020.....	16
Tabela 2 - Descrição dos principais minerais de alumínio contidos nas bauxitas refratárias	18

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Justificativa.....	13
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivo geral.....	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Bauxita	14
2.2 Processos de formação da bauxita	16
2.3 Diferenças entre as bauxitas refratárias e metalúrgicas.....	17
2.4 Fatores de bauxitização	18
2.5 Mineração	19
2.5.1 Métodos de lavra	19
2.6 Cidade de Juruti: Localização da Mina da Alcoa.....	21
3 METODOLOGIA	23
4 RESULTADOS.....	23
4.1 Bauxitas de Santa Catarina.....	23
4.2 Bauxitas de Minas Gerais	24
4.2.1 Bauxita da Zona da Mata Mineira.....	25
4.2.2 Bauxita do Quadrilátero Ferrífero	26
4.2.3 Bauxitas do Sul de Minas Gerais	27
4.3 Bauxita de Barro Alto em Goiás	30
4.4 Bauxitas do estado do Pará.....	31
4.4.1 Bauxita de Paragominas	32
4.4.2 Bauxita de Trombetas	34
4.4.3 Bauxita de Juruti	36
4.5 Características específicas da bauxita encontrada em Juruti.....	38
4.6 Método de lavra utilizado pela mineradora em Juruti	40
4.7 Processo de beneficiamento usado em Juruti	43
5 CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

Segundo o *International Aluminium Institute* (IAI), “foi feito um levantamento que mostra que a demanda por Alumínio primário deve crescer 40% até 2030”, dessa forma toda essa cadeia produtiva do metal será acrescida no mesmo percentual, logo na ponta de toda essa cadeia vem a principal matéria prima: a bauxita, segundo a Revista Alumínio (2023).

Esse minério tão importante para a cadeia produtiva do alumínio tem sido explorado por vários anos e atualmente é uma das commodities mais exportadas em todo o mundo, encontrada em vários países ela tem sempre as mesmas características, em sua maioria é usada para a produção do alumínio metálico, mas também tem outras aplicações como uso da alumina refinada a partir da bauxita em cimentos refratários, produtos químicos, tintas, abrasivos para polimento, fibras cerâmicas e catalisadores industriais, dentre outros.

Os vários países exportadores desse minério utilizam técnicas variadas para a exploração da bauxita, existem grandes minas a céu aberto que tem ocorrências minerais distintas ou com grandes corpos minerais como as minas da Guiné, Austrália e norte do Brasil, de forma geral a bauxita é encontrada em regiões tropicais e subtropicais, e apesar de ter características semelhantes existem algumas peculiaridades quanto a formação da jazida, protólito de onde se originou a rocha bauxita, e métodos de lavra e beneficiamento (CARVALHO, 1989).

A formação geológica das jazidas e suas características determinam a sua qualidade e volume, podendo ter mais ou menos contaminantes, Fe, Si e Ti que determinaram qual o uso posterior do minério, se este minério será usado para químicos, refratários ou se tornará alumina SGA (*Smelter Grade Alumina*) a alumina de grau metalúrgico (CARVALHO, 1989).

Desta forma, será feito uma breve revisão bibliográfica das principais ocorrências de bauxitas brasileiras, em especial as jazidas e tipos de métodos de lavra usados e o tratamento dado a bauxita explorada na região Norte, mais precisamente na cidade de Juruti, no oeste do Pará, onde uma mineradora norte americana detém a concessão de lavra de uma das maiores reservas de bauxita de alta qualidade do mundo. Em Juruti é feita a extração do minério de alumínio, o beneficiamento e o

transporte até o porto, que também fica localizado na mesma cidade, cerca de 55 km de distância da mina (LOBATO, 2012), a partir daí, posteriormente, este minério é exportado para todo o mundo.

1.1 Justificativa

Devido à grande demanda de Alumínio metálico, aluminas especiais e produtos químicos derivados da bauxita, se faz necessário conhecer melhor as características do minério utilizado para a produção desse metal e de todos os outros produtos gerados durante o refino, calcinação, redução e após as outras várias fases do processo produtivo da cadeia do Alumínio, com uma das maiores reservas de Bauxita do mundo o Brasil é hoje um grande exportador do mineral e também produtor de alumina, alumínio, e vários outros produtos químicos de suma importância para a sociedade moderna.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Fazer um breve descritivo de algumas das mais importantes características das bauxitas brasileiras, ocorrências e localidades em que existem minas em operação.

1.2.2 Objetivos específicos

- Verificar as características específicas da Bauxita encontrada em Juruti no Oeste do Pará.
- Entender sobre o método de lavra utilizado pela mineradora que detém os direitos de exploração no município de Juruti.
- Analisar o processo de lavagem dessa bauxita em Juruti.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Bauxita

Em 1821, nas proximidades da vila Les Baux, no sul da França, Pierre Berthier descrevia pela primeira vez material geológico formado por hidróxidos de alumínio, a gibbsita além de boehmita e diásporo, com quantidades menores de minerais de argila e oxi-hidróxidos de Ferro (MELFI *et al.*, 2016).

Essa rocha é composta por uma mistura de vários minerais de alumínio, sendo os mais importantes a gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), diásporo ($\alpha\text{-AlOOH}$) e boehmita ($\beta\text{-AlOOH}$). Esses minerais são conhecidos como oxi-hidróxidos de alumínio e suas proporções na formação dessa rocha variam conforme os depósitos em que estão formadas. Da mesma forma, os contaminantes têm suas quantidades variando entre os depósitos, sendo os mais comuns: óxido de ferro, argilas, sílica, óxido de titânio e outros menores, como o magnésio, manganês, fósforo, vanádio e cálcio, por exemplo.

A bauxita, mostrada na Figura 1, pode ser encontrada no mundo todo, principalmente nos trópicos. O clima tropical tem influência decisiva no processo de intemperismo que determina a formação da rocha, as condições necessárias para essa formação são uma temperatura média em torno dos 20 C°, alternância entre as estações úmida e seca, o que favorece o processo de lixiviação natural dos silicatos e argilominerais, onde a maior parte da sílica é removida concentrando os óxidos de alumínio e ferro, uma topografia não muito acidentada e uma cobertura vegetal são determinantes para essa formação da bauxita.

Figura 1 - Rocha de Bauxita



Fonte: Autor (2023)

A coloração dessa rocha varia conforme os teores dos óxidos de ferro, quanto maiores esses teores, mais avermelhada será a rocha. Ao passo que inversamente, quanto menores os teores de ferro, mais clara será a bauxita, como é observado na bauxita branca, em que os teores vão até 2% de óxidos de ferro.

A maioria das bauxitas economicamente aproveitáveis possuem um conteúdo de alumina (Al_2O_3) entre 50 e 55%, e o teor mínimo para que ela seja aproveitável é da ordem de 30% (ANJOS e SILVA, 1983).

Fonte natural do metal alumínio, essa rocha é utilizada também para outros fins, a bauxita não metalúrgica é utilizada para produção de refratários (31%), abrasivos (24%), produtos químicos (16%), cimentos de alta alumina (18%) e fabricação de aço (11%), aproximadamente 98% das bauxitas produzidas no Brasil são transformadas em alumina, o restante é utilizado na indústria química (PASCOAL e PANDOLFELI, 2000).

A produção de bauxita no Brasil vem aumentando com o passar dos anos, conforme visto na Tabela 1.

Tabela 1 - Produção de bauxita nos anos de 2019 e 2020

Unidade: 1000 toneladas

Descrição	2019	2020
Suprimento	32.239,6	33.330,5
Produção	31.937,9	32.897,8
■ Alcoa Alumínio S.A.	7.444,7	7.421,6
● Poços de Caldas (MG)	548,7	359,0
● Juruti (PA)	6.896,0	7.062,6
■ Companhia Brasileira de Alumínio Poços de Caldas, Miraf, Itamarati (MG) e Barro Alto (GO)	2.114,9	1.749,1
■ MRN - Mineração Rio do Norte S.A. Oriximiná e Terra Santa (PA)	12.173,1	12.289,8
■ Norsk Hydro Brasil Ltda ⁽¹⁾ Mineração Paragominas S.A. (Paragominas PA)	7.360,2	8.640,2
■ Outros ⁽²⁾	2.845,0	2.797,1
Importações	301,7	432,7
Consumo Doméstico	26.744,3	29.644,7
■ Usos metálicos	24.681,3	27.931,4
■ Outros usos	2.063,0	1.713,3
Exportações	7.105,2	4.525,1

Fonte: Abal (2021).

2.2 Processos de formação da bauxita

As bauxitas podem originar-se de vários tipos de rochas e do produto de suas alterações, porém rochas que sejam mais aluminosas e com minerais que são mais facilmente dissolvidos, como por exemplo as rochas alcalinas e básicas, tem maior facilidade em tornar-se bauxitas.

Além da composição de cada rocha, essas atuam diretamente na formação da Bauxita pela sua textura, microestrutura e granulometria que definiram a porosidade dessas rochas e vão facilitar o processo de bauxitização, portanto, rochas com granulação mais finas, características vesiculares, colunares tem maiores probabilidades de formar bauxita (CARVALHO, 1989).

Os óxidos de ferro fazem parte da composição mineralógica das bauxitas na forma de goethita ou hematita, também há os óxidos de titânio que se apresentam na

forma de rutilo e anatásio, mas esses minerais não interferem no refino da bauxita pelo processo Bayer, porém o anatásio pode inibir a precipitação da boehmita em processos de alta temperatura (DAMASCENO e FLORES, 1998).

Existe uma grande variedade de minerais e elementos químicos que podem estar presentes em menores proporções como cálcio, fosforo, gálio, magnésio, manganês e vanádio, além de compostos orgânicos normalmente constituídos por solos onde o crescimento da vegetação é favorável devido as altas taxas de precipitação necessárias ao processo de bauxitização (ANDREWS, 1984).

Caracterizar os minerais e impurezas presentes na bauxita é de suma importância para controle dos parâmetros da produção de alumina através do processo Bayer, a eficiência da produção de alumina é resultado direto da composição mineralógica assim como dos parâmetros de processo utilizados nas refinarias com uso de soda caustica.

2.3 Diferenças entre as bauxitas refratárias e metalúrgicas

Os depósitos de bauxita possuem um grande número de minerais, sendo que as bauxitas não metalúrgicas têm a composição de minerais de alumínio chamados óxidos hidróxidos de alumínio, as bauxitas refratárias são basicamente compostas por gibbsita com baixo teor de caulinita. Gibbsita, boehmita e diásporo, são os três minerais contendo alumínio que compõem a rocha bauxita, conforme tabela 2., as maiores diferenças entre cada um desses minerais é a estrutura cristalina, onde a gibbsita se encontra em sistema monoclinico e os outros dois minerais a boehmita e o diásporo se encontram na forma de monohidrato no sistema ortorrômbico, o que confere uma maior dureza, densidade e maior porcentagem de alumina, segue abaixo a comparação entre os tipos de minerais constituintes da bauxita (SAMPAIO; ANDRADE; DUTRA, 2008).

Tabela 2 - Descrição dos principais minerais de alumínio contidos nas bauxitas refratárias

Minerais de alumínio contidos nas bauxitas			
Mineral	Gibbsita	Boehmita	Diásporo
Fórmula química	$\text{Al}(\text{OH})_3 - \gamma$	$\text{AlOOH} - \gamma$	$\text{AlOOH} - \alpha$
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	1: 3	1: 1	1: 1
(%) máxima de alumínio	65,4	85,0	85,0
Sistema cristalino	Monoclínico	Ortorrômbico	Ortorrômbico
Dureza Moh	2,5-3,5	3,5-4,0	6,5-7,0
Densidade	2,42	3,01	3,44
Índice de refração	1,568	1,649	1,702
Temperatura (°C) de desidratação	150	350	450
Produto de desidratação	$\text{Al}_2\text{O}_3 - \chi$	$\text{Al}_2\text{O}_3 - \gamma$	$\text{Al}_2\text{O}_3 - \alpha$
Solubilidade (g Al_2O_3 /L) (*)	128	54	Insolúvel
(*) Em solução de Na_2O a 100 g/L, a 125 °C.			
Bauxita Não-Metalúrgica		Bauxita Metalúrgica	
Constituintes	(%)	Constituintes	(%)
Fe_2O_3	2,5 (máx.)	Fe_2O_3	11 - 12
SiO_2	5 - 7	SiO_2	< 4,0
Al_2O_3	50	Al_2O_3^*	> 48
Densidade aparente > 3		*Alumina aproveitável pelo processo Bayer	

Fonte: Habashi (1993) apud CETEM (2008).

2.4 Fatores de bauxitização

Para a formação da bauxita existem várias condicionantes conhecidas, dentre elas podemos citar, as condições climáticas que devem preferencialmente ter estações bem definidas, com temperaturas médias superiores aos 20 °C, ter períodos de chuvas intensos, na maioria das vezes com pluviosidade anual na casa dos 1.200 mm e uma camada vegetal que proporcione uma atividade bacteriológica.

A topografia também ajuda, sendo melhores as condições mais aplainadas ou levemente onduladas para que haja um mínimo de erosão, para que haja condições de percolação das águas das chuvas, favorecendo a lixiviação dos minerais que compõe a rocha matriz.

Preferencialmente rochas com elevada porosidade facilitam a lixiviação, mas também, as características das rochas são fatores condicionantes dessa bauxitização, como a granulometria, a textura, a microestrutura, fraturas e composição química, que deve possuir minerais aluminosos em sua composição.

A bauxita se forma nas regiões tropicais e subtropicais pelo intemperismo químico em rochas aluminosilicáticas, apesar de descrita como um minério de alumínio a bauxita não é um mineral propriamente dito, mas uma mistura de hidróxidos de alumínio hidratados ($[AlO_x(OH)_{3-2x}]$, $0 < x < 1$) contendo impurezas (FERREIRA, 2016).

2.5 Mineração

Segundo a Agência Nacional de Mineração (2023), a mineração corresponde à uma atividade econômica e industrial que consiste na pesquisa, exploração, lavra (extração) e beneficiamento de minérios presentes no subsolo.

A mineração faz parte da vida do ser humano que desde a pré-história que retira bens minerais para seu uso, nos primórdios da humanidade, os minerais serviam para fabricação de utensílios, de ferramentas e até de tinta, visto hoje nas pinturas rupestres.

Da mineração vem praticamente todas as matérias primas usadas hoje em dia, certamente os metais saem todos dessa cadeia produtiva, que mantém a vida moderna como ela é através dos processos envolvidos especificamente na extração e beneficiamento dos vários minerais necessários a sociedade como é hoje.

2.5.1 Métodos de lavra

Lavra é o conjunto de operações realizadas para a extração de um bem mineral, com objetivo de aproveitamento industrial desse bem para a produção de metais agregados e outros produtos da cadeia produtiva da mineração.

A escolha do método de lavra é um dos mais importantes referenciais para a avaliação econômica de uma mina, sua determinação permite desenvolver operações de forma satisfatória, numa próxima fase mais detalhada, mostra-se como fator imprescindível para uma sequência positiva no projeto de mineração. A escolha errada tem efeitos nocivos no desenvolvimento da mina (MACÊDO; BAZANTE; BONATES, 2001).

A seleção do melhor método de lavra, segue algumas condicionantes, como, características do minério (distribuição do corpo de minério, teores), geometria do depósito mineral, presença de água (superficial ou subterrânea) viabilidade econômica da lavra e os impactos ao meio ambiente (MACÊDO; BAZANTE; BONATES, 2001).

Uma vez avaliadas as condicionantes para um bom desenvolvimento mineiro, determina-se o método de lavra, para aquela jazida. Existem predominantemente dois métodos de lavra: o método a céu aberto e o método de lavra subterrânea. todos os dois métodos possuem várias variantes.

Os principais métodos de lavra a céu aberto são, a lavra em bancadas onde os depósitos superficiais de larga escala em termos de produção são lavrados em bancos. Esses bancos são os taludes remanescentes de onde o minério foi retirado, as formas dessas lavras são caracterizadas por cavas de grande porte com vários bancos em forma circular na sua maioria, muito usado na mineração de ferro, cobre entre outros.

Outro método de lavra a céu aberto muito importante é o método de lavra em tiras, utiliza-se esse método onde o corpo mineral é de grande extensão com camada horizontal, é feito de forma parecida com o método de bancadas, porém o capeamento é disposto direto nas áreas adjacentes, muito comum na mineração de xisto betuminoso, carvão e bauxita.

Mais um método muito usado é o método de lavra aluvionar, bastante usado em garimpos de pláceres e por fim o método de lavra de pedreira o mais conhecido pela população onde se extrai rochas para construção civil.

2.5.1.1 Método de lavra em tiras

Esse método de lavra em tiras é usado para corpos mineralizados de grandes dimensões, tabulares, horizontes com características similares e teores aproximados, onde o minério a ser explorado está a baixa profundidade, ou seja, com baixo capeamento, também possui outras vantagens em relação ao método de bancadas como por exemplo a movimentação de estéril na mina que é menor devido ao método que usa o próprio estéril para fechar a cava aberta pela retirada do minério.

A lavra por tiras está classificada como um método de lavra a céu aberto que tem enorme escala de produção de minério, e junto com a lavra de bancadas é a mais conhecida e utilizada operação de lavra a céu aberto (CURI, 2017).

O método consiste em escavar o minério de uma determinada seção ou tira como é chamada, preenchendo a cava remanescente com o material do capeamento que se encontra sobre o minério adjacente, minimizando a movimentação de massa na mina, essa movimentação do capeamento para a cava exaurida acelera a recomposição da cota original facilitando também o reflorestamento, de forma que ao recompor o local já lavrado pode-se iniciar o retorno do *top soil* ao local.

A maioria das minas de carvão, xisto betuminoso e bauxita usam esse método, realizam essa lavra utilizando equipamentos de grande porte que conseguem movimentar grandes quantidades de terra, tornando o processo muito produtivo e rentável em função do menor custo operacional (CURI, 2017).

2.6 Cidade de Juruti: Localização da Mina da Alcoa

Situada na margem direita do rio Amazonas, fica a cidade de Juruti, no oeste do Pará conforme Figura 2. Inicialmente formada por uma aldeia dos índios Munduruku, esteve sob domínio dos municípios de Óbidos e Faro até ser emancipada município em 1885. De lá para cá, aconteceram grandes mudanças políticas e urbanas, que até hoje impactam a sociedade Jurutiense.

A maior mudança ocorreu quando a Reynolds Metals foi adquirida pela norte americana Alcoa. A Reynolds já havia iniciado estudos e pesquisas no território do município de Juruti desde os anos 1980, vindo a se concretizar um projeto de exploração de minério no início de 2004, quando a Alcoa começou a construção do Projeto Juruti.

Figura 2 - Localização do município de Juruti no estado do Pará



Fonte: IBGE (2023)

O Projeto que leva o nome da cidade era a saída da mineradora para a auto suficiência do fornecimento de bauxita para a sua refinaria de São Luis no estado do Maranhão, com estimativa de produção da ordem de 2,6 milhões de toneladas no início das operações, com o avanço das pesquisas e também da otimização dos processos produtivos a Alcoa produz hoje cerca de 6,2 milhões de toneladas de bauxita lavada e aproximadamente 600 mil toneladas de bauxita bruta(bauxita que é apenas britada e vendida sem passar pela usina de beneficiamento).

Todo o projeto conta com a mina ou lavra, de onde é feita a extração da bauxita, possui estradas de acesso e vários bota fora onde são dispostos os estéreis da lavra, possui ainda um prédio de beneficiamento, onde é feita a lavagem e classificação da bauxita, tem também lagoas de rejeito onde são dispostos os rejeitos da lavagem da bauxita, toda a bauxita extraída é levada por ferrovia própria com 55 km até o porto que fica as margens do Rio Amazonas, onde são carregados os navios que levam a bauxita para o Maranhão e para o mundo.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho teve início a partir de levantamentos bibliográficos para um melhor conhecimento das bauxitas brasileiras, buscando diferentes tipos de minérios e localidades em que existem jazidas em exploração para trazer aprendizado e informações sobre as principais características desse minério de onde se extrai a alumina e posteriormente o alumínio.

Será feita a análise de cada ocorrência mineral citando a localização da jazida, as características do minério como qualidade, teor e utilidade, o tipo ocorrência, formação do corpo mineral e empresa que realiza a exploração do minério na localidade.

A pesquisa se limita a demonstrar as bauxitas do Brasil de forma resumida para conhecimento de jazimentos localidades empresas e usos. Não apresentaremos resultados de lavras e produções, e também números de quaisquer empresas citadas por falta de fonte.

4 RESULTADOS

4.1 Bauxitas de Santa Catarina

No estado de Santa Catarina existem grandes reservas de bauxita, mas ainda não há estudos específicos sobre a mineralogia e também sobre as características físico-químicas dessa rocha, esses depósitos foram formados a partir de rochas alcalinas, pelos chamados fonólitos porfiríticos, essas rochas são constituídas por feldspato alcalino ((K, Na) AlSi_3O_8), nefelina ((Na, K) $(\text{AlSi})_2\text{O}_4$) e egiirina ($\text{NaFe}(\text{SiO}_3)_2$) (AQUINO *et al.*, 2006).

Esses minerais são a formação da rocha que dá origem a bauxita da região, pelo intemperismo sofrido por essa rocha há a formação da gibbsita e goethita ou caulinita/halloisita e goethita.

Esse processo de lixiviação da sílica e álcalis concentra alumina em altos percentuais até acima dos 50%, tornando esse minério uma bauxita de ótima

qualidade para o uso não metalúrgico, sendo preferencialmente utilizada para químicos e refratários.

O aparecimento da goethita, mineral de ferro, dá um tom alaranjado ao minério da região e torna-se um contaminante que impede o uso desse minério para uso refratário.

Sobre os feldspatos a transformação em gibbsita ocorre nas fraturas das rochas, a rocha alterada é recortada por veios de gibbsita sub milimétricos que seguem pelas paredes das fraturas, provavelmente foram formados por precipitação de hidrato de alumínio $\text{Al}(\text{OH})_3$ em soluções que percolam essas falhas, esse alumínio dissolvido pode ter vindo da desestabilização de minerais aluminosos do topo do perfil (AQUINO, 2007).

Na cidade de Lages no estado de Santa Catarina existem as operações da Bauminas, empresa que faz a lavra e tratamento da bauxita, produzindo produtos químicos como: policloreto de alumínio, sulfato de alumínio e cloretos de alumínio para tratamento de água (GRUPO BAUMINAS, 2023).

4.2 Bauxitas de Minas Gerais

O estado de Minas Gerais está entre os maiores produtores de minérios do país, produzindo vários minerais importantes para o crescimento econômico e social da nação, dentre esses minerais um dos mais importantes é a bauxita, encontrada na zona da mata, quadrilátero ferrífero e no sul do estado.

As explorações de bauxita em Minas Gerais teve início na cidade de Ouro Preto por volta de 1922 com a descoberta de ocorrências do mineral no município, e com o início das atividades da Alcan Alumínio do Brasil em 1936, ocupando a serra do Itacolomi em função das restrições de ocupação dentro da cidade devido ao tombamento Federal do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e das condições instáveis da Serra de Ouro, começava assim a era da cadeia produtiva do Alumínio em Minas Gerais (GONÇALVES, 2016).

4.2.1 Bauxita da Zona da Mata Mineira

Na zona da mata mineira existem ocorrências minerais de bauxita na província geológica da Serra da Mantiqueira, sendo uma região muito rica em bauxita possui a segunda maior reserva conhecida do minério no Brasil, tem potencial para novas jazidas que através de estudos e prospecções mostram grandes possibilidades para criação de novas minas na região.

Com teores entre 40% e 60% de alumina e reservas medidas de 100 milhões de toneladas, foi formada por processos de intemperismo em rochas comuns do embasamento cristalino rico em alumínio formando depósitos tipo lateríticos, apresentado na Figura 3, tem baixo custo de produção devido as características dos seus depósitos com uma pequena camada de solo a ser retirada, também para o beneficiamento dessas bauxitas a mão de obra da região com muita experiencia ajuda a baratear o custo na medida em que tem maior produtividade.

Figura 3 - Bauxita da Zona da Mata Mineira



Fonte: Cone Mine Exploration (2009).

As jazidas conhecidas estão nas cidades de Miraí, Astolfo Dutra, Cataguases, Rio Pomba, Caratinga dentre outras, com menor expressividade ou que não possuam minas em operação, mas que tenham pesquisas realizadas.

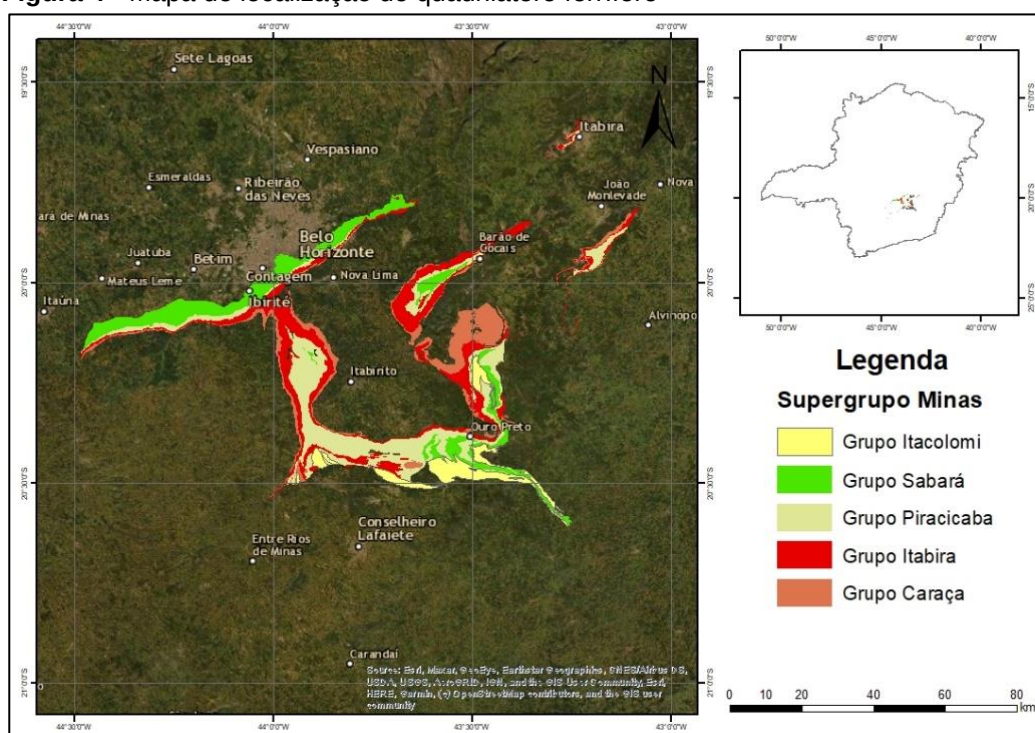
Atualmente a CBA, Companhia Brasileira de Alumínio, na cidade de Miraí, é uma das empresas que atuam na mineração da zona da mata, realiza a lavra da bauxita, trata o minério em planta de beneficiamento, de onde o minério segue para as operações da própria CBA na cidade paulista de Alumínio, onde será refinado para a produção de aluminas, depois passara pelos fornos de redução para a produção do alumínio metálico e demais fases produtivas da cadeia do alumínio.

A proximidade dos portos nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, também tornam os projetos da região mais atrativos, sendo que os custos com logística de transporte do minério e outros insumos mais barato em relação a outras localidades (CONE MINE EXPLORATION, 2009)

4.2.2 Bauxita do Quadrilátero Ferrífero

O quadrilátero ferrífero é uma superestrutura geológica que possui uma área de aproximadamente 7.000 km², conforme Figura 4, está localizada na região central do estado de Minas Gerais, estende-se por vários municípios, Belo Horizonte, Ouro Preto, João Monlevade, Itabira, Itaúna, Mariana, Sabará dentre outros.

Figura 4 - Mapa de localização do quadrilátero ferrífero



Fonte: Nasa (2007).

Com embasamento composto por gnaisses tonalítico-granítico do arqueano, sobre esse embasamento cristalino encontram-se outras três unidades de rochas metassedimentares supracrustais, o supergrupo Rio das Velhas, composto por metassedimentos vulcanoclásticos, considerado como um cinturão de rochas verdes ou *greenstone belts*, onde há a formação de jazidas de ouro, o supergrupo Minas composto por metassedimentos pelíticos e quartzosos de forma discordante acima do supergrupo Rio das Velhas e o grupo Itacolomi formado por quartzitos e o grupo Itabira que é o mais importante em termos econômicos por conter as BIFs, do inglês *banded iron formations*, conhecidas formações ferríferas bandadas (FRANCO, 2018).

As jazidas de bauxita no quadrilátero ferrífero não mostram uma relação com a altitude, ou superfícies aplainadas, porém existe uma preferência em associação ao grupo Itabira, no contexto morfológico as jazidas se associam a vertentes, platôs e depressões, com relação as fáceis estruturais, existem quatro tipos, as maciças, as nodulares, as pseudo-brechoides e solos (VARAJÃO, 1988).

As bauxitas do quadrilátero ferrífero têm composições químicas muito parecidas, sendo seus principais elementos, Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 e SiO_2 , tem respectivamente teores de 45,4%, 25,0%, 2,3% e 1,3%, números representativos encontrados em suas diferentes jazidas (VARAJÃO, 1988).

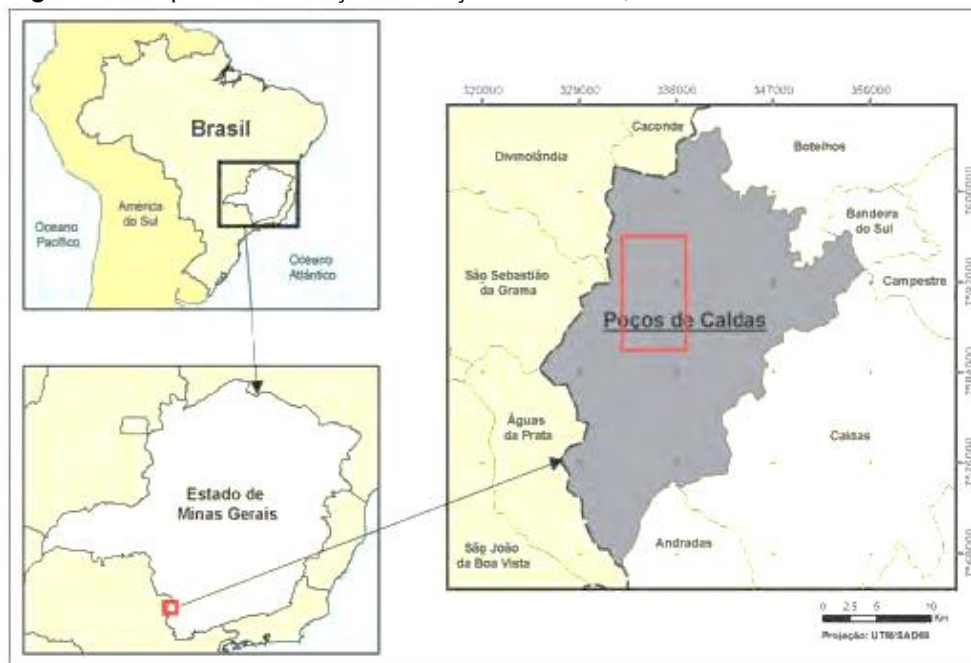
Uma das empresas mais antigas e que ainda atua na mineração de bauxita e produção de alumínio no quadrilátero ferrífero é a indiana, Hindalco do Brasil, passou para o controle nacional através da compra pela Terrabel Empreendimentos, a qual continuará com a produção de aluminas.

4.2.3 Bauxitas do Sul de Minas Gerais

O planalto de Poços de Caldas situado no sul de Minas Gerais, mostrado na Figura 5, é o maior maciço alcalino conhecido no Brasil, formado a mais de 89 milhões de anos pelas intrusões de rochas félsicas que se estendeu até os 54 milhões de anos, devido a uma intensa atividade vulcânica que foi responsável pela elevação do terreno, resfriando-se até por volta dos 60 milhões de anos quando houve o início de um resfriamento brusco ocorrendo o abatimento do domo formado pelas intrusões de magmas, abatendo assim o conduto vulcânico, formado e estruturando a caldeira para

acomodar o magma realçando o anel ao redor da formação (SONOKI e GARDA, 1988).

Figura 5 - Mapa de localização de Poços de Caldas, MG



Fonte: Hirata (2009).

As bauxitas dessa região, mostradas na Figura 6, estão ligadas as intrusões alcalinas formadoras de planaltos elevados e maciços. Nessas regiões a bauxita aparece em dois tipos topográficos distintos, na borda do maciço alcalino em relevos ondulados e íngremes e na parte interna desse maciço com origem suavemente ondulada, cada um com suas características de alteração (BIGARELLA, BECKER e PASSOS, 1996).

As maiores formações bauxíticas se encontram na porção norte do planalto em área continua no dique anelar, já no interior do planalto se localizam sobre argilas residuais (MONIZ, 1964).

Conforme Parisi (1988), as jazidas de bauxita do planalto correm em dois tipos: as jazidas de serra, situadas nas partes mais altas, nas bordas do dique anelar com perfis mais espessos, tem melhor qualidade econômica devido ao menor teor de sílica reativa, tem o corpo de minério mais contínuo, mais homogêneo, sendo interrompido apenas pelas drenagens mais profundas. Já as jazidas de campo estão

no interior do planalto, numa topografia mais branda, onde os perfis são menos espessos que na serra, possuem maior teor de sílica reativa e descontinuidades do corpo mineral, sendo separados pelas depressões de drenagens menores que as de serra.

A grande diferença entre os teores das jazidas de serra e das jazidas de campo foram descritas por Moniz (1964). As jazidas de serra possuem em média teores de alumínio (56,5%), baixo teor de sílica (0,3%) baixa concentração de titânio (1,84%) e ferro (10,5%); enquanto nas jazidas de campo, observa-se camadas mais argilosas e brancas com teores de sílica altos (41,5%) e de alumínio relativamente baixos (37,7%), porém, em comparação com as camadas intercaladas a estas, a sílica diminui para (13,2%) e o alumínio sobe para (57,7%), indicando uma evolução complexa de materiais (MONIZ, 1964).

Figura 6 - Bauxitas do município de Poços de Caldas, MG



Fonte: Autor (2020).

Atualmente atuam na cidade de Poços de Caldas várias mineradoras, dentre elas as maiores são, a Alcoa, a CBA e a Mineração Curimbaba, além de outras mineradoras menores. A Alcoa faz o a lavra o refino da bauxita a produção de pó de alumínio e a reciclagem de alumínio. A CBA Companhia Brasileira de Alumínio, que faz a lavra e o beneficiamento do minério que é levado por trem para a cidade de Alumínio no estado de São Paulo, a Mineração Curimbaba que lavra o minério e produz bauxitas sinterizadas para uma série de produtos especiais destinados à indústria petroquímica, fluxo de solda, jateamento, cerâmicas, refratários, clarificação de óleos minerais, fundição e agrotóxicos e outras mineradoras menores que atuam na exploração e produção de químicos de bauxita.

4.3 Bauxita de Barro Alto em Goiás

Barro alto está localizada no estado de Goiás, com uma jazida de bauxita pertencente a brasileira CBA, Companhia Brasileira de Alumínio, que atua desde 2009 com operações de extração e beneficiamento de bauxita na região, teve repercussão nacional após a chegada da mineradora Anglo American em 2008, onde houve o início de um projeto de exploração de níquel pela mineradora, que partiu suas operações em 2011, desde então a cidade entrou para o hall das cidades mineradoras do Brasil.

As jazidas de bauxita na região de Barro Alto no estado de Goiás, se desenvolveram a partir de anortositos neoproterozóicos, na porção setentrional do complexo máfico-ultramáfico da província estrutural Tocantins, o anortosito é uma rocha de textura granular fina a média, tem um bandamento difuso, onde o bandamento félsico é predominante, as bandas máficas com textura mais fina tem menor expressividade na formação rochosa (SANTOS, 2011).

Alguns fatores ajudaram na formação do depósito de bauxita em Barro alto, o anortosito tem uma composição simples e estrutura bandada, que favorece a formação da bauxita, constituído de plagioclásio cálcico com grande conteúdo de alumínio, essa formação rochosa é extremamente susceptível ao intemperismo, o anortosito de barro alto tem uma razão sílica/alumínio baixa o que favorece a alitização, também a relação de alumínio/ferro é baixa conferindo uma ótima qualidade a bauxita de Barro Alto (SANTOS, 2011).

Atualmente, a exploração da bauxita de barro Alto está sendo feita pela mineradora Terra Goiana Mineradora, que lavra o minério trata e vende cerca de 85% desse minério para produção de alumínio metálico e outros 15% são destinados para produtos especiais utilizados nas indústrias de refratários, abrasivos, solda, jateamento, petroquímica, cerâmica, clarificação de óleos minerais, e fundição, a outra mineradora é a CBA, Companhia Brasileira de Alumínio, que faz a extração, mostrado na Figura 7, e o beneficiamento e transporte desse minério por caminhões até Brasília de onde são carregados trens com destino a cidade de alumínio no estado de São Paulo onde o minério será a matéria prima para a indústria do alumínio.

Está em negociação com pequenas mineradoras de bauxita da região, a possibilidade de que a bauxita de Barro Alto possa ser vendida para clientes internos

para suprir as necessidades da americana Alcoa, que possui refinaria de alumina em Minas Gerais e da brasileira CBA, como solução à exaustão das minas em Poços de Caldas, MG (NOTÍCIAS DE MINERAÇÃO BRASIL, 2013).

Figura 7 - Mina de Bauxita em Barro Alto, GO



Fonte: Vessani, Gambier, Walcacer *et al.* (2014).

4.4 Bauxitas do estado do Pará

Na bacia amazônica situada na região norte do país estão as maiores jazidas de bauxita do Brasil, no chamado baixo Amazonas ficam as maiores ocorrências do mineral nas cidades de Oriximiná e Juruti, mas também há uma importante jazida no nordeste do estado na cidade de Paragominas, e que tornam o estado o maior produtor do minério no Brasil.

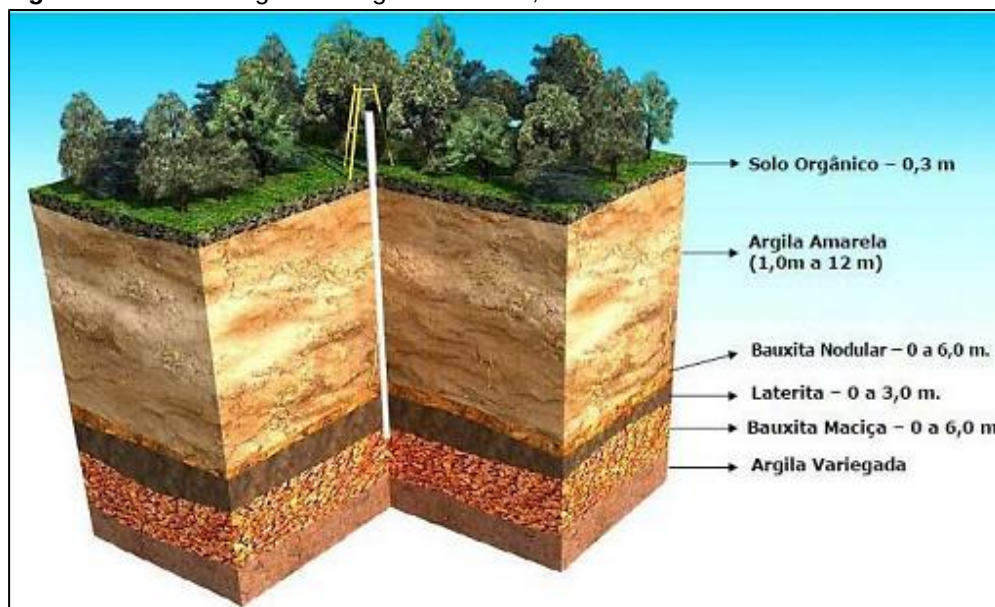
As formações dos corpos mineralizados da região do baixo Amazonas são diferentes dos demais citados até agora, em geral são grandes áreas que abrangem quilômetros de extensão sobre platôs situados em altitudes que variam entre 140 e 190 m de altitude, esses platôs possuem densa floresta e topografia mais plana no centro (CARVALHO, 1989).

As ocorrências de bauxita do nordeste do estado do Pará têm uma altitude diferente das citadas anteriormente por estarem fora das imediações da calha do rio

Amazonas, estão situadas em platôs com elevação entre 200 e 350 m de altitude, com relevo levemente ondulado, porém com as mesmas características do perfil litológico.

Outra característica dessas jazidas é o perfil litológico, conforme Figura 8, predominante no baixo Amazonas, formado pelo *top soil* com aproximadamente 0,5 m, um capeamento formado por argila amarela que é bastante alto chegando a ter de 10 a 15 m em alguns pontos, seguindo de uma bauxita chamada de nodular variando de 1,5 a 2,5 m de altura e depois a laterita ferruginosa com 1 a 1,5 m, na sequência vem a bauxita maciça e granular com espessuras variando entre 2 a 4 m, por fim a argila variegada que já é deixada para trás no processo de lavra da bauxita.

Figura 8 - Perfil litológico da região de Juruti, PA



Fonte: Alcoa (2015)

4.4.1 Bauxita de Paragominas

A cidade de Paragominas está localizada na parte leste do estado do Pará, este é o mais extenso depósito com agrupamento de jazidas de bauxita do Brasil, estendendo-se por mais de 300 km sentido norte sul e por mais de 200 km sentido leste oeste, com reservas da ordem de 2.000 milhões de toneladas, detém cerca de 60% das reservas brasileiras do minério.

Formada sobre rochas sedimentares siliciclásticas do período cretáceo na Amazonia, e em função de tamanha extensão essa província bauxitífera de

Paragominas, é objeto de estudos desde 1970, onde foram observadas as ocorrências do minério de bauxita na região, desde então vários projetos foram feitos para a extração do minério (WOLF, 1972).

A região fica sobre a unidade morfoestrutural Planalto setentrional Pará-Maranhão, ao longo de toda a província as feições predominantes são chapadas interligadas e raramente separadas, as vezes interrompidas por perfis mais baixos topograficamente, com altitudes entre os 200 e 400 m, o perfil litológico da formação segue com capeamento argiloso sobre a formação laterítica, como visto na formação belterra no baixo Amazonas (BRASIL, 1973).

Atualmente, a exploração da bauxita da cidade de Paragominas está sendo feita pela companhia Hydro, que realiza a extração do minério por mineradores contínuos, mostrados na Figura 9, abastecendo sua planta de beneficiamento onde o minério passa por moagem e classificação para adequação granulométrica.

Após esse processo a polpa resultante é enviada por um mineroduto de 200 km, o primeiro do mundo a operar com esse tipo de minério, até a cidade de Barcarena onde é processado, a produção anual está em 11,4 milhões de toneladas de bauxita (HYDRO, 2023).

Figura 9 - Minerador contínuo operando em Paragominas, PA



Fonte: Hydro Paragominas (2016).

4.4.2 Bauxita de Trombetas

Porto Trombetas, visto na Figura 10, é uma vila que foi criada em meados de 1960 para abrigar o projeto de mineração de bauxita que se iniciava na região norte do Brasil, Trombetas como é mais conhecida está no município de Oriximiná, de onde absorve grande parte da mão de obra necessária para a operação das minas do beneficiamento e demais instalações que suportam o projeto.

Com início das operações em 1969 na mina vindo a embarcar seu primeiro carregamento de bauxita em 1979, com o apoio do governo federal, uma joint venture formada por 8 empresas.

Onde o controle ficou sendo feito pela canadense Alcan e pela brasileira Companhia Vale do Rio Doce que detinha maioria acionaria na época.

Figura 10 - Vista área da vila de Porto Trombetas, PA



Fonte: Carneiro (2019)

Com jazidas em vários platôs com elevação de 160 a 190 m de altitude, e topografia levemente inclinada nos topos, a bauxita de Porto Trombetas foi formada sobre a formação Alter do Chão e possui características semelhantes as outras ocorrências minerais da região amazônica, com perfil litológico conforme tabela abaixo onde encontram-se os valores médios da espessura de cada perfil, descrito na

Figura 11, na sequência a seguir, iniciando com o *top soil* seguindo para a argila belterra passando por uma camada de bauxita nodular, seguindo com a formação da bauxita ferruginosa mais conhecida como laterita, chegando então a camada de bauxita e, posteriormente, a camada caulínica (CARVALHO, 1989).

Figura 11 - Perfil litológico de Porto Trombetas, PA

Top Soil	0,5m
Argila Belterra	1,5 a 15m
Bauxita Nodular	1 a 3m
Laterita	0,5 a 1m
Bauxita	1 a 6m
Caulinita	

Fonte: Elaborado com base em Alcoa (2015)

Algumas das características que diferenciam a bauxita de Porto Trombetas das outras ocorrências bauxíticas da região são algumas peculiaridades, como a altura da camada de bauxita que em média, no platô Saracá, com 6 metros podendo chegar a 10 metros em alguns locais, zonas mais esbranquiçadas ricas em alumínio e outras mais escuras ricas em ferro, uma bauxita nodular com características de gibbsita microcristalina (porcelânica) e um perfil mais abaixo de bauxita friável e porosa.

Vários autores têm estudado a gênese das bauxitas amazônicas, mas ainda há muitas controvérsias sobre qual a rocha que originou essa bauxita.

Alguns afirmam que a origem dessa bauxita são as argilas Belterra, outros, porém citam a formação Barreiras, mas sendo pouco provável acredita-se ser o mais viável que essa bauxita derive da Formação Alter do Chão (DAEMON, 1975).

Atualmente a empresa que opera na região de Trombetas é a mineração Rio do Norte, com estrutura montada na margem esquerda do Rio Trombetas, a mineradora tem capacidade de produção de 18 milhões de toneladas por ano, possui minas em operação, mostrado na Figura 12, e pretende ampliar suas operações abrindo mais cinco minas até 2043, com objetivo de manter a capacidade produtiva em 12,5 milhões de toneladas de bauxita, o complexo tem ainda planta de beneficiamento, ferrovia, pátio e secador de minérios e um porto de onde saem os navios carregados com a bauxita (MRN, 2023).

Figura 12 - Mina de bauxita em operação em Trombetas, PA



Fonte: Cavalcanti (2002).

4.4.3 Bauxita de Juruti

O projeto de mineração no município de Juruti começou a ser construído no ano de 2006, quando a mineradora Alcoa decidiu por levar adiante os trabalhos da antiga proprietária das pesquisas minerais na região.

Com as devidas pesquisas realizadas e confirmada a existência de um grande depósito de bauxita de alta qualidade no município, estaria iniciando a maior mudança que a cidade haveria de viver.

Os depósitos de bauxita de Juruti estão localizados nos platôs centrais do município, com altitude média de 150 m, alguns desses platôs podem apresentar até 190 metros de altitude.

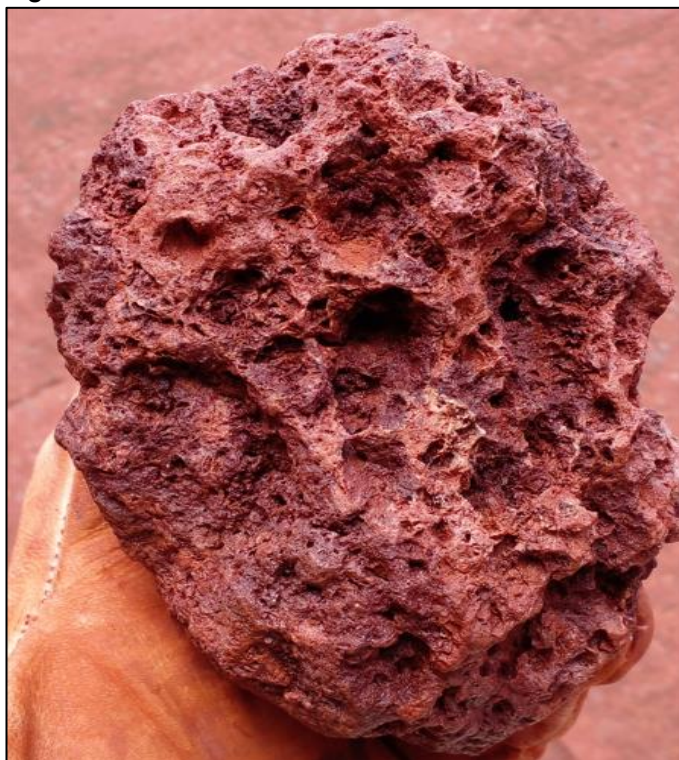
Esses platôs se estendem por quilômetros com cobertura florestal densa, topo aplainado e muitas vezes com declividade abrupta nas bordas em relação aos corpos d'água que circundam esses platôs, formando paisagens característica da região de Juruti.

A localidade onde estão as jazidas de bauxita caracteriza-se por rochas sedimentares do siluriano até o período quaternário, estando sobrepostas as rochas do período pré-cambriano da formação Alter do Chão (ALBERGARIA, 2018).

Os horizontes bauxíticos da região estão bem definidos, são contínuos e se estendem por quilômetros em ambas as direções, são predominantemente intemperismo das rochas sedimentares da formação Alter do chão, com aparência avermelhada (Figura 13) possuindo concreções bauxíticas nas zonas anteriores a camada de bauxita maciça, os depósitos seguem a mesma regra das outras ocorrências da região como o depósito de Trombetas e de Paragominas, mantendo o capeamento alto e as camadas seguintes variando espessuras mas mantendo o perfil litológico.

Outra característica dessa bauxita é a camada da chamada bauxita nodular, essa formação tem alta concentração de alumina o que a torna apta ao uso industrial para obtenção de alumina e alumínio, a camada dessa formação varia de 0,5 metros a mais de 2 metros sendo bastante viável sua extração, aumentando assim a vida útil da mina e possibilitando diferentes blends na produção de minério lavado.

Figura 13 - Bauxita de Juruti



Fonte: Autor (2023).

4.5 Características específicas da bauxita encontrada em Juruti

Os depósitos de bauxita de Juruti, estão na região conhecida como baixo Amazonas, que tem características de sedimentação clástica de matriz continental, está situada sobre sedimentos Paleozoicos da Formação Alter do Chão, atribuído ao período Cretáceo Superior, tem uma espessura de aproximadamente 600 m, formado por arenitos argilosos, argilitos, conglomerados e siltitos (CARVALHO, 1989).

Como a maioria dos depósitos de bauxita da bacia amazônica, existe uma homogeneidade na formação do perfil por todo o platô, que se seguem por centenas de metros formando as jazidas, vão seguindo a sequência litológica, *top soil*, argila Belterra, bauxita nodular, laterita, bauxita maciça e argila variegada, mostrado na Figura 14, variando a espessura de cada camada, sendo que ao aproximar-se da borda do platô a espessura de argila diminui e conseqüentemente as espessuras das demais camadas acompanham essa diminuição.

Vamos descrever em seguida a litologia da região, com medidas aproximadas de cada camada do perfil.

Top soil: é o solo superior ou solo orgânico (LOBATO, 2012), formado pela vegetação local é o solo residual que vem se formando pela degradação da própria floresta ao longo dos anos, possui espessura de 0,20 a 0,50 cm.

Argila belterra: é o capeamento que está sobre as demais camadas de subsequentes, é formada por uma argila caulinítica de cor amarelo pálido, tem uma espessura que varia conforme a posição no platô, podendo ir de 1 metro mais próximo da borda do platô a mais de 12 m no centro do platô (LOBATO, 2012).

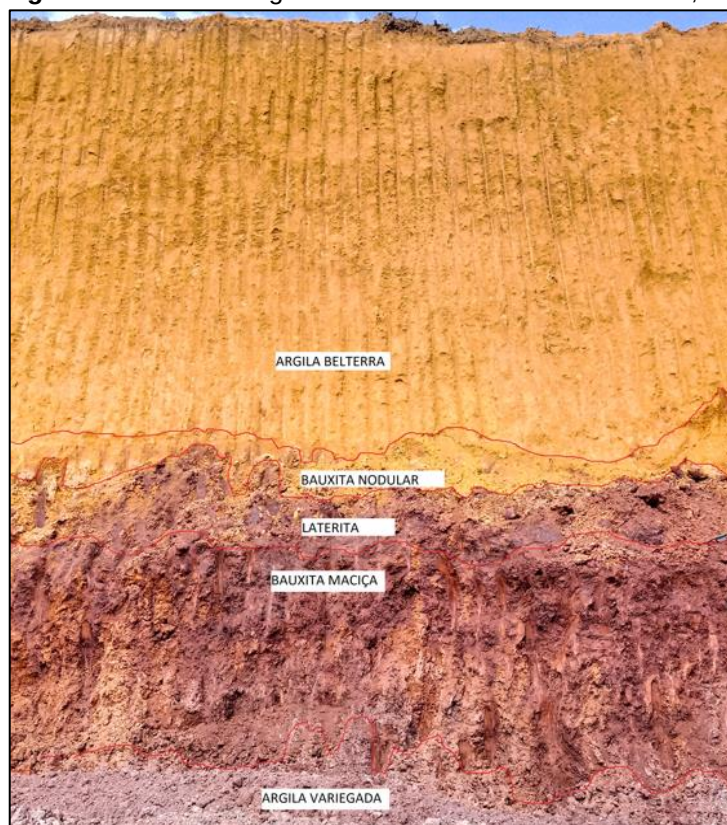
Bauxita nodular: formada por nódulos de gibbsita cristalina associada a caulinita, esses nódulos têm tamanhos variados, cor amarelo pálido, formando nódulos mais escuros na base do perfil, sendo esses mais carregados de Fe_2O_3 , essa camada pode variar de 1 a 3 m de altura e ter teores de Al_2O_3 (alumina) bem altos podendo ser usada para blendagem com outros minérios (ALBERGARIA, 2018).

Laterita: essa formação é constituída por nódulos ferruginosos com baixa sílica, predominam a gibbsita e a goethita cimentados por fonte gibbsítica, (ALBERGARIA, 2018) o que confere uma dureza característica a esse material, mas que pode variar em função da composição do perfil, com espessuras que oscilam entre zero e 2 metros.

Bauxita maciça: esse perfil possui uma característica alumino-ferruginosa constituída de gibbsita, caulinita e hematita, (ALBERGARIA, 2018) podendo variar a suas características físicas, desde maciça e compacta até friável e porosa, varia também os teores de ferro, alumina e sílica, sendo o ferro determinante para determinar a dureza do material, a coloração varia desde o vermelho arroxeado ao amarelo alaranjado, possui uma espessura que pode ir de 50 centímetros até os 4 metros.

Argila variegada: esse horizonte é caracterizado pela camada das argilas cauliníticas, possuem alguns traços de gibbsita em nódulos misturados ao material argiloso, tem cores variadas que vão dos tons de rosa, ao vermelho e roxo, passando pelo branco (ALBERGARIA, 2018). Sendo a última camada que fica após a lavra do minério.

Figura 14 - Perfil litológico de uma lavra da Mina de Juruti, PA



Fonte: Autor (2023).

4.6 Método de lavra utilizado pela mineradora em Juruti

Na mina de bauxita de Juruti, o método de extração de minério que está sendo utilizado é o método de lavra por tiras ou *strip mining*, (SILVA, 2013) esse método é o que mais atende as características do corpo mineralizado, que tem alguns quilômetros de extensão de leste a oeste e de norte a sul, uma capa de estéril uniforme composta de argila belterra que segue pelo mesmo espaço e tamanho do corpo mineral (SILVA, 2013).

A mineradora faz a marcação das frentes de lavra de forma que sejam formadas grandes tiras conforme o próprio nome do método sugere. Com os resultados da pesquisa em mãos, o planejamento mina define onde será aberto o primeiro *box* do platô.

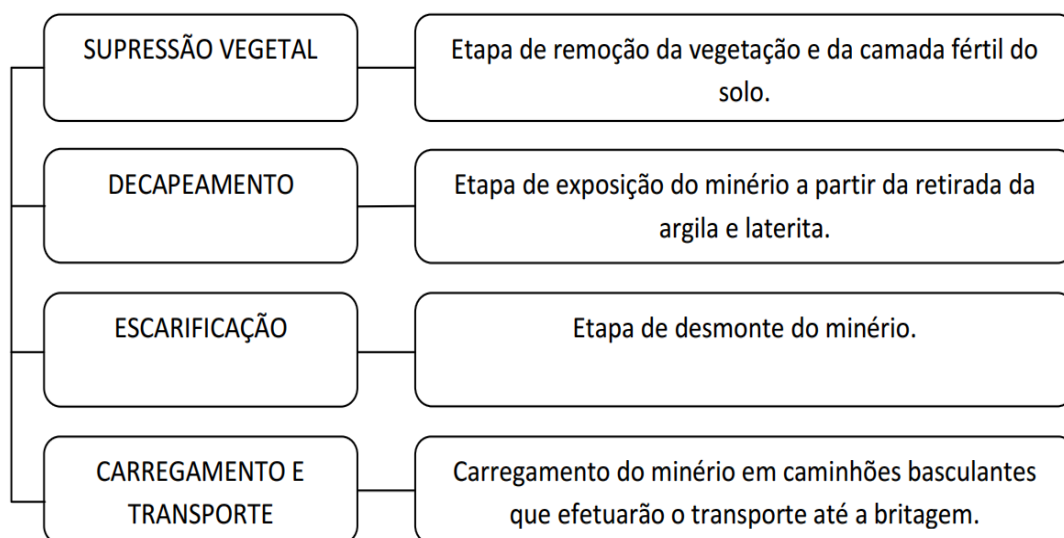
Normalmente para a primeira abertura são decapeados aproximadamente o espaço de três tiras de 25 m de largura e quatro a seis tiras de 50 metros de

comprimento, o capeamento é retirado para um bota fora onde aguarda até que sejam abertas cavas suficientes para que sejam retornados a frente de lavra.

Essa atividade de abertura de *box* é feita por escavadeiras e caminhões que movimentam esse volume de estéril para fora da cava, liberando espaço para que entre os tratores de esteiras para realizar o desmonte mecânico por escarificação, após a escarificação do minério dá-se início as operações de mineração da bauxita (LOBATO, 2012).

Com o minério escarificado as escavadeiras entram sobre esse minério e começam o carregamento dos caminhões com o minério de bauxita que é levado até a praça de britagem onde é descarregado no britador ou em pilhas pulmão que serão retomadas quando necessário para manter a taxa de produção (SILVA, 2013). O processo de lavra utilizado na mineradora em questão, assim como suas operações auxiliares de lavra, pode ser visualizado melhor na Figura 15.

Figura 15 - Fluxograma do processo de extração de bauxita de Juruti



Fonte: Silva (2013)

Conforme o avanço da lavra vai aumentando é liberada a cava, como visto na Figura 16, nesse primeiro momento o avanço segue para a tira ao lado, que também já foi exposta, até chegar na terceira tira que também já havia sido exposta, com três tiras de largura, o avanço segue no sentido do comprimento.

Durante essa lavra escavadeiras começam a rebaixar o talude que está próximo a última tira lavrada para que tratores de esteira do tipo D11 comecem o processo de liberação das próximas tiras, empurrando o estéril sobre a cava exaurida expondo a próxima tira a ser escarificada e lavrada posteriormente (SILVA, 2013).

Esse processo é o início das operações de lavra por tiras propriamente dito, daí por diante a operação seguirá, lavrando expondo e cobrindo as cavas já exauridas até chegar no limite de platô, borda, área negativa ou outra situação que impeça o avanço dessa lavra.

Ao chegar próximo de uma borda de platô por exemplo após finalizar as últimas tiras não havendo mais seguimento, o material que estava no bota fora volta para conformar a área novamente, desta forma todo o material que é retirado da cava em algum momento volta para dentro da cava novamente para recompor as cotas originais do terreno, onde será colocado o *top soil* e a galhada para reflorestamento (SILVA, 2013).

Figura 16 - Esquema do método de lavra em tiras



Fonte: Autor (2023)

4.7 Processo de beneficiamento usado em Juruti

A Usina de beneficiamento instalada na cidade de Juruti no Oeste do estado do Pará, faz o tratamento do minério de bauxita extraído no mesmo município, esse minério passa por algumas operações unitárias que foram desenvolvidas para realizar a lavagem e classificação, aumentando os teores de alumina e reduzindo os teores de sílica reativa dessa bauxita.

O minério vem das frentes de lavra em blocos de até 1.200 mm, chega na moega do britador primário, onde é descarregado e passa pela primeira fase de britagem, onde passa por um britador de rolos dentados, sendo reduzido a um tamanho de 340 mm, por gravidade esse minério cai sobre o segundo britador (MACHADO, 2019) que também reduz seu tamanho para 130 mm, após essas duas britagens o minério segue no circuito.

A planta de beneficiamento de Juruti, dispõe de um pátio de empilhamento de minério para homogeneização, mas pode também seguir direto para a usina de classificação, quando o minério segue para o pátio de homogeneização, é empilhado (MACHADO, 2019) por máquina de pátio que forma pilhas de 60.000 toneladas que são retomadas por carregadeiras que alimentam moegas instaladas ao longo de uma correia transportadora que direciona esse minério para os silos.

Chegando nos silos o minério é acumulado de forma que suporte as variações de alimentação vinda dos britadores, cada silo tem capacidade para 180 toneladas.

O minério dos silos fica sobre alimentadores de sapatas que possuem inversores de frequência, esses inversores atuam aumentando ou diminuindo a velocidade dos alimentadores, conseqüentemente a taxa de alimentação da usina conforme a leitura das balanças, uma em cada correia transportadora que alimenta uma das duas linhas da usina.

O minério que foi descarregado nos alimentadores segue para a usina onde entra no processo de lavagem propriamente dito, o minério é descarregado dentro dos lavadores junto com a adição de água de processo, formando uma polpa que é descarregada pelo *trommel*, uma peneira rotativa que faz a primeira classificação do minério.

O material que passa por essa peneira alimenta os peneiramentos seguintes, o material retido de um lavador se unirá ao material retido da outra linha e seguirá para um circuito de rebitagem, adequando sua granulometria.

Os peneiramentos seguintes chamados de peneiramento primário e secundário, tem além da função de classificar o minério, a função de realizar a lavagem desse minério através de *sprays* instalados sobre as peneiras (LOBATO, 2012).

Todo o material que fica retido sobre os peneiramentos primário e secundário, já é descarregado em correia transportadora como produto granulado, o minério que passa pelas peneiras segue para o circuito de finos.

O circuito de finos, é composto por tanques e por hidrociclones, o primeiro tanque do circuito recebe o produto passante do peneiramento secundário e através de bombeamento alimenta a primeira bateria de hidrociclones (LOBATO, 2012), assim sucessivamente essa polpa é classificada em quatro baterias de hidrociclones, onde a fração fina ou argilas são retiradas seguindo por gravidade para as lagoas de rejeitos e posteriormente para a lagoa de disposição que será reflorestada.

Todo o material que foi classificado não sendo argila (rejeito) é denominado produto fino (LOBATO, 2012), este segue para filtros de correia que fazem a secagem desse material que depois de seco é enviado junto com o produto granulado para a pilha de bauxita lavada, vista na Figura 17, como produto final.

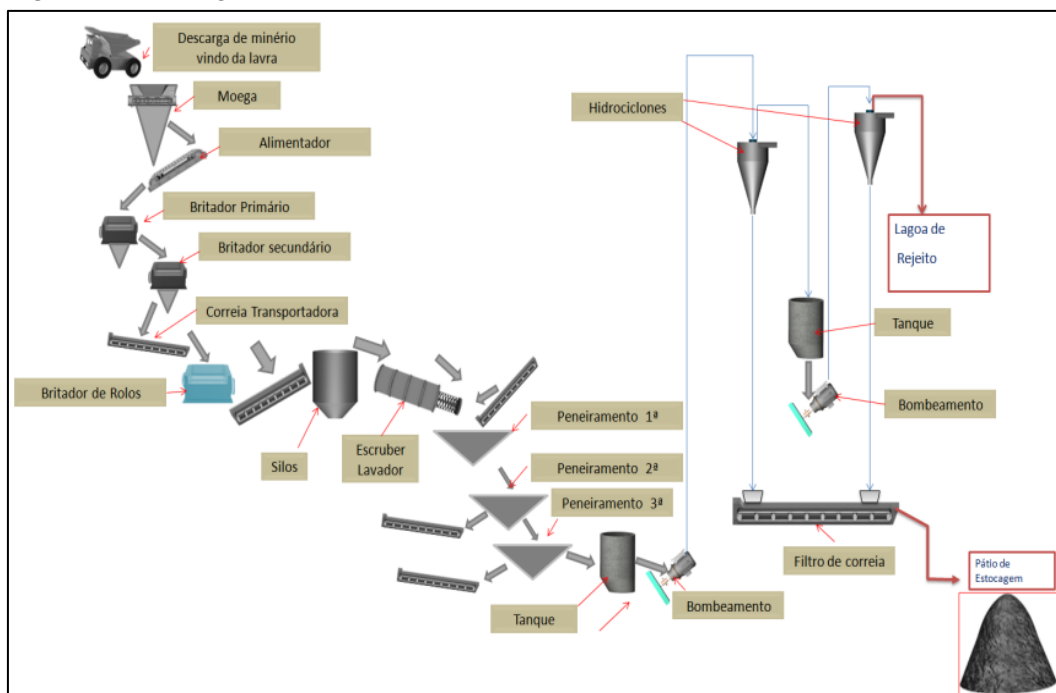
Figura 17 - Pilhas de minério lavado do beneficiamento de Juruti



Fonte: Autor (2020).

Todo o processo de beneficiamento, desde a britagem até o empilhamento do minério, pode ser observado no fluxograma disposto na Figura 18, onde se tem ilustrados, equipamentos, processos auxiliares e os próprios processos primários de classificação e peneiramento.

Figura 18 - Fluxograma do Beneficiamento da Bauxita em Juruti



Fonte: Ferreira *apud* Batista (2014).

5 CONCLUSÃO

De forma geral, as bauxitas brasileiras têm características parecidas, todas foram formadas por processos intempéricos, porém de rochas diferentes, e também possuem grandes diferenças na formação dos seus depósitos. As bauxitas do estado do Pará, talvez por estarem em uma zona onde o clima úmido com estações bem definidas e uma floresta que com sua decomposição prove a percolação de águas mais acidas, tem um ambiente mais favorável a formação da bauxita e por isso possui corpos minerais mais extensos que os outros. Mas em sua maioria possuem teores aproximados de alumina e sílica, com exceção das bauxitas do estado de Santa Catarina que possuem diferentes teores de alumina sílica e de ferro o que as tornam bauxitas refratárias.

As bauxitas de Minas Gerais, da zona da Mata e do Quadrilátero Ferrífero, derivam do embasamento cristalino da região, são formadas em topos de morros em bolsões com perfil mais baixo de estéril são praticamente afloradas. Tem cor característica avermelhada e são friáveis, a diferença fica para a bauxita do planalto de Poços de Caldas que tem uma bauxita mais clara formada a partir de rochas alcalinas, mas também tem suas jazidas em topos de morros em bolsões.

As maiores jazidas estão no Norte do país, até então mapeadas no estado do Pará, a província bauxitífera de Paragominas configura como o maior corpo mineral medido até agora.

As bauxitas de Porto Trombetas e de Juruti, também possuem as mesmas características geológicas de Paragominas, tem uma cimentação clástica que lhes confere um aspecto inconfundível parecido com “pele de onça”, excetuando-se as de Trombetas apenas por ter uma espessura maior em suas minas, mas de modo geral são depósitos tabulares de grande extensão, com alto teor de alumina aproveitável.

O tratamento dado a bauxita do município de Juruti, é bastante parecido com o tratamento feito na bauxita de Porto Trombetas, com britagem, lavagem e classificação por peneiras vibratórias e hidrociclones, esse tratamento produz bons resultados eliminando a sílica reativa da bauxita e aumentando a alumina aproveitável.

Sendo um tratamento diferente da bauxita de Paragominas, apenas por se tratar de uma exigência do processo seguinte, no caso de Paragominas, onde o

minério é moído classificado por hidrociclones e enviado via mineroduto para a refinaria na cidade de Barcarena também no estado do Pará.

REFERÊNCIAS

- ALBERGARIA, G. H. de C. **Caracterização de perfil laterítico típico do platô Capiranga na mina de bauxita Alcoa Juruti, PA.** 80 f. 2018. Monografia (Graduação em Engenharia Geológica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018. Disponível em: https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1387/1/MONOGRAFIA_caracteriza%c3%a7%c3%a3oPerfilLater%c3%adtico.pdf. Acesso em: 12 mar. 2023.
- ANDREWS, W. H. Uses and specifications of bauxite. *In: BAUXITE SYMPOSIUM*, 1984, Los Angeles. **Bauxite: proceedings**. New York: SME, 1984. Cap.3, p. 49- 63.
- ANJOS, F. V.; SILVA, J. B. As usinas de produção de alumínio da ALCAN no Brasil – processo Bayer para produção de alumina e os processos eletrolíticos para a produção de alumínio. *In: As usinas brasileiras de metalurgia extrativa dos metais não-ferrosos*, ABM, São Paulo, 1983.
- AQUINO, T. F. de. **Beneficiamento Químico da bauxita de Santa Catarina.** 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis SC, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/90151/248438.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 11 fev. 2023.
- AQUINO, T. F. de. *et al.* **Caracterização Físico-Química e Mineralógica da Bauxita de Santa Catarina para a produção de Refratários com baixo teor de óxido ferro;** *In: 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*, 15 a 19 de novembro de 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/bitstream/handle/123456789/18484/12530.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 fev. 2023.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; PASSOS, E. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais.** Florianópolis: UFSC, 1996.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto Radam - Folha SB,23 Teresina e parte da folha SB.24 Jaguaribe;** geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1973. (Levantamento de recursos naturais, 2). Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv24019.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2023.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Exploração Mineral.** Brasília: Agência Nacional de Mineração, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/exploracao-mineral>. Acesso em: 12 mar. 2023.
- CARVALHO, A. **As Bauxitas no Brasil:** síntese de um programa de pesquisa, - São Paulo: Universidade de São Paulo Instituto de Geociências, 1989. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/44/tde-12082013-160544/publico/carvalho_livredocencia.pdf. Acesso em: 10 fev. 2023.

CONE Mine Exploration. **Projeto Mirai** - ME402, 2009. Disponível em: http://www.cme7.com.br/upload/236Projeto%20Mirai_CME.pdf. Acesso em: 03 mar. 2023.

CURI, A. **Lavra de minas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

DAEMON, R. F. Contribuição à datação da Formação Alter do Chão, bacia do Amazonas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 5, n. 2, p. 58-84, 1975. Disponível em: http://bjg.siteoficial.ws/1975/n2/5_2_1975-12-18.pdf. Acesso em: 06 mar. 2023.

DAMASCENO, E. C.; FLORES, J. C. C. **A bauxita e a indústria do alumínio**. São Paulo: EPUSP, 1998. 26 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo, BT/PMI/077).

EMPRESAS da indústria do alumínio analisam o desempenho em 2022 e as perspectivas para 2023. **Revista Alumínio**, 2023. Disponível em: <https://revistaaluminio.com.br/empresas-da-industria-do-aluminio-analisam-o-desempenho-em-2022-e-as-perspectivas-para-2023/>. Acesso em: 10 fev. 2023.

FERREIRA, A. P. **Caracterização Tecnológica do Rejeito da Planta de Beneficiamento de Bauxita em Juruti- Pará**. 2016. 58 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia) - Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufopa.edu.br/jspui/handle/123456789/257>. Acesso: 10 fev. 2023.

FRANCO, A. **Quadrilátero Ferrífero: Preservação X Mineração** - Minas Júnior Consultoria Mineral (minasjr.com.br), 2018. Disponível em: <https://www.minasjr.com.br/quadrilatero-ferrifero/>. Acesso em: 03 mar. 2023.

GONÇALVES, A. L. **Bauxita - O outro lado de Ouro Preto**. Ouro Preto Cidade Patrimônio Cultural da Humanidade, 2016. Disponível em: <http://www.ouropreto.com.br/noticia/1603/o-outro-lado-de-ouro-preto-3>. Acesso em 27 fev. 2023.

GRUPO BAUMINAS. **Bauminas Mineração: Produtos**. Disponível em: <https://bauminas.com.br/bauminas-mineracao/produtos/> Acesso em: 04 mar. 2023.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/juruti.html>. Acesso em: 29 mai. 2023.

LOBATO, R. S. Análise de produtividade da operação de decapeamento de estéril da mina de bauxita de Juruti-PA. 2012. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em engenharia de minas) – Universidade Federal do Pará, Marabá, 2012.

MACÊDO, A. J. B. de; BAZANTE, A. J.; BONATES, E. J. L. Seleção do método de lavra: arte e ciência. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 54, n. 3, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rem/a/TJTYywM73qB6Pcdmb4ckwVd/?lang=pt&format=html>. Acesso em 12 mar. 2023.

MACHADO, N. R. S. Modelagem do fluxo de minério do circuito de britagem em Planta de beneficiamento e do carregamento de produtos de uma Mina de bauxita no Pará através do *software* arena. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Minas e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Ouro Preto – Ufop, Escola de Minas, Ouro Preto, 2019.

MELFI, A. J.; MISI, A; CAMPOS, D. DE A.; CORDANI, U. G. (org.). **Recursos Minerais no Brasil**: problemas e desafios, – Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/bitstreams/16cc62e4-5bb0-4063-88ee-96c3335d4694>. Acesso em: 10 fev. 2023.

MINERAÇÃO Paragominas. **Hydro**, 2023. Disponível em: <https://www.hydro.com/pt-BR/sobre-a-hydro/a-hydro-no-mundo/north-america/brasil/paragominas/mineracao-paragominas/>. Acesso em: 06 mar. 2023.

MONIZ, A. C. **Estudo mineralógico de argilas do maciço alcalino de Poços de Caldas**. 1964. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1964. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44999/tde-29082016-143600/pt-br.php>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MRN realiza reuniões prévias com comunidades sobre projeto de continuidade operacional. **Mineração Rio do Norte**, [2023]. Disponível em: <https://mrn.com.br/index.php/pt/noticias/todas/428-mrn-realiza-reunioes-previas-com-comunidades-sobre-projeto-de-continuidade-operacional>. Acesso em: 07 mar. 2023.

PARISI, C. A. Jazidas de bauxita da região de Poços de Caldas, Minas Gerais – São Paulo. In: SCHOBENHAUS, C.; COELHO, C. E. S. (coord.). **Principais Depósitos Minerais do Brasil**. Volume III. Brasília: DNPM, 1988.

PASCOAL, C.; PANDOLFELLI, V. C. Bauxitas refratárias: composição química, fases e propriedades-Parte I. **Cerâmica**, v. 46, n. 298, p. 76-82, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ce/a/Nshn7yVJQDzMqJDM7Vk36nP/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 10 fev. 2023.

PROJETO de Bauxita Barro Alto de Goiás pode abastecer mercado nacional. **Notícia de Mineração**, 2013. Disponível em: www.noticiasdemineracao.com/outros/news/1132330/projeto-bauxita-barro-alto-goias-pode-abastecer-mercado-nacional. Acesso em: 05 mar. 2023.

SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M. C. de.; DUTRA, A. J. B. 2008. Bauxita. In: LUZ, A. B.; Lins, F. A. F. (eds.). 2005. **Rochas & Minerais Industriais** – Usos e Especificações. CETEM-MCT – Centro de Tecnologia Mineral, Ministério da Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 2ª ed., p. 311-337. Disponível em:

<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1103/1/14%20BAUXITA%201.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2023.

SANTOS, W. M. dos. **Mineralogia e geoquímica da bauxita derivada do anortosito, Barro Alto, Goiás**. 2011. xiii, 142 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10004/1/2011_WagnerMartinsSantos.pdf. Acesso em: 05 mar. 2023.

SILVA, R. C. Análise do método de recuperação de áreas degradadas da Mina de Bauxita de Juruti – Nucleação. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Minas e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Campus Universitário de Marabá, Marabá, 2013.

SONOKI, I. K.; GARDA, G. M. Idades K-Ar de rochas alcalinas do Brasil Meridional e Paraguai Oriental: compilação e adaptação às novas constantes de decaimento. Boletim IG-USP. **Série Científica**, v. 19, p. 63-85, 1988. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/bigsc/article/view/45074/48686>. Acesso em: 03 mar. 2023.

VARAJÃO, C. A. C. **Estudo Comparativo das Jazidas de Bauxita do Quadrilátero Ferrífero, MG**: micromorfologia, geoquímica, geomorfologia e sensoriamento remoto. 1988. 213 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44131/tde-11092015-114702/publico/Varajao_Mestrado.pdf. Acesso em: 03 mar. 2023.

WOLF, F. A. M. **Bauxita na Amazônia**. MME/DNPM - 5º Distrito. Belém, 46 pp, 1972.