

**FIESP**

Federação das Indústrias  
do Estado de São Paulo

# **A INDÚSTRIA MINERAL PAULISTA**

---

## Síntese setorial do mercado produtor

2017

# **A INDÚSTRIA MINERAL PAULISTA**

## SÍNTESE SETORIAL DO MERCADO PRODUTOR

---

**São Paulo**  
**2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Ficha Catalográfica - CRB-8/8154

---

C963i Cuchierato, Gláucia  
A indústria mineral paulista : síntese setorial do mercado  
produtor / Gláucia Cuchierato, Daniel Debiazzi Neto – São Paulo,  
2017.  
128 p. : il.

ISBN 978-85-93300-02-8

1. Mineração. 2. Mineração - Estado de São Paulo. 3. Indústria  
mineral. 4. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. I.  
Título. II. Debiazzi Neto, Daniel.

---

CDD 622

---

## **A importância da indústria mineral**

A indústria brasileira teve de romper uma série de obstáculos ao longo de décadas para crescer forte e diversificada.

O setor industrial tem enorme importância não apenas no avanço de outros setores, mas do Brasil como um todo. Não se pode desconhecer, por exemplo, o importante papel da indústria de transformação como maior dinamizadora da economia: para cada R\$ 1 produzido por ela, são gerados mais R\$ 1,13 de produção pelos demais setores. É também o maior realizador de investimentos produtivos do setor privado, respondendo por cerca de 30% do total investido.

Num círculo virtuoso de crescimento, a instalação de empresas industriais atrai outras empresas, criando e fortalecendo as cadeias produtivas. Quanto maiores o adensamento e a complexidade dessas cadeias, maior será sua interação com os próprios setores industriais e com as outras áreas da economia – e maiores serão também o crescimento e o desenvolvimento econômico.

A indústria mineral contribui de maneira fundamental para o fornecimento dos insumos básicos para as cadeias produtivas. Ela está presente no vestuário, na alimentação, na moradia, na construção, ou seja, no dia a dia das pessoas, embora muitas vezes não seja percebida.

Apesar de o Brasil ser um dos maiores produtores mundiais de minérios, o consumo per capita ainda é extremamente baixo em relação ao índice dos países desenvolvidos.

Daí a importância do trabalho do Comitê da Cadeia Produtiva da Mineração da Fiesp, Comin – em conjunto com as entidades que o compõem –, que atua no sentido de fortalecer os segmentos da indústria paulista de mineração, com o objetivo de alavancar a cadeia produtiva.

É com essa meta que o Comin traz nesta publicação dados da indústria mineral brasileira, paulista, a potencialidade geológica e aspectos econômicos, produtivos, além do uso e das matérias-primas, as características das indústrias consumidoras e os desafios da mineração.

---

## **Paulo Skaf**

*Presidente da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp)  
Presidente do Centro das Indústrias do Estado de São Paulo (Ciesp)*

---

A criação do Comin, em 2004, teve como uma de suas bandeiras – levada adiante por um grupo de empresários e profissionais do setor – o desejo de colocar a mineração paulista num patamar de representação e de exposição compatível com a importância fundamental que tem para a qualidade de vida e subsistência da civilização, reconhecimento que jamais teve no Estado de São Paulo.

Com tal pressuposto e compondo uma agenda de trabalho que tornasse possível as participações e contribuições dos mais diversos atores que se inter-relacionam com o setor mineral, essas iniciativas buscaram resgatar, também, a relevância socioeconômica, bem como dar início à construção de uma nova imagem para uma atividade cercada de preconceitos. Nesse projeto, o Comin desenvolveu, de forma persistente, a integração dos setores governamentais, entidades empresariais patronais, organizações da sociedade civil e canais políticos, que agora mostram os primeiros resultados, com estabelecimentos de profícuos diálogos e interações de natureza técnica, legal e ambiental, direcionando o setor para o caminho da prática de uma mineração efetivamente sustentável e competitiva.

Concentrada na perseguição dessas metas, o núcleo de gestão do Comin percebeu, mais tarde, que ainda faltava algo de essencial para a atividade, que era a exposição à sociedade, de forma simples e concisa, de seu “retrato”, em uma linguagem que pudesse ser destacada a grande importância que os bens minerais aqui produzidos têm para essa pujança industrial da maior economia do país. Foi assim que, percebendo-se essa necessidade, teve início um trabalho de coleta e junção de dados e informações, que sempre estiveram disponíveis – porém de forma dispersa – em cada segmento do setor produtivo. Essa característica de dispersão não permitia que se mostrasse de forma apropriada a importância da indústria mineral paulista. Então a ideia de ter um documento único e atualizado – que apresentasse os diversos segmentos do setor mineral com suas principais características, como um instrumento adequado para mostrar, de forma didática, as dimensões e importância deste setor econômico – materializou-se.

A concepção de um projeto com tais características permite ainda mostrar e enfatizar que a vida moderna em sociedade é diretamente dependente dos bens minerais produzidos pela indústria mineral, e que, sem essa atividade, não seria possível o desenvolvimento e conforto nos níveis atendidos à qualidade de vida atual.

Essa intenção tomou forma e nesta oportunidade é publicada. A INDÚSTRIA MINERAL PAULISTA, com formato ilustrado e diagramado para melhor compreensão e exposição, apresenta, sob o cenário da mineração brasileira, o potencial mineral do Estado de São Paulo, a indústria mineral paulista e seus segmentos, por ordem de volume produzido: agregados para construção, água mineral, rochas calcárias, areia industrial, rochas fosfáticas, argilas e outros minerais industriais e rochas ornamentais e para revestimento. Nos capítulos finais seguem apresentadas as principais indústrias consumidoras e os desafios que a mineração irá enfrentar nos próximos tempos.

Esta publicação permite ainda ressaltar que o Estado de São Paulo é o maior consumidor de bens minerais do hemisfério Sul, caracterizado pelo consumo essencialmente local e regional. Considerando que a produção mineral foi superior a 215 milhões de toneladas em 2014, equivalente a R\$ 6,9 bilhões, permitiu colocar o Estado no 4º lugar do ranking brasileiro, após Minas Gerais, Pará e Goiás.

---

## **Eduardo Rodrigues Machado Luz**

*Coordenador do Comitê da Cadeia Produtiva da Mineração da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Comin/Fiesp)*



# Sumário

---

<b>Introdução</b>	<b>8</b>
<b>1. A indústria mineral brasileira</b>	<b>12</b>
<b>2. Recursos minerais do Estado de São Paulo</b>	<b>18</b>
<b>3. A indústria mineral paulista</b>	<b>26</b>
3.1 Agregados	<b>32</b>
3.2 Águas minerais	<b>48</b>
3.3 Rochas calcárias	<b>56</b>
3.4 Areia industrial	<b>66</b>
3.5 Rochas fosfáticas	<b>72</b>
3.6 Argilas	<b>78</b>
3.7 Outros minerais industriais	<b>92</b>
3.8 Rochas ornamentais	<b>100</b>
<b>4. Indústrias consumidoras paulistas</b>	<b>108</b>
<b>5. O desafio da visibilidade</b>	<b>120</b>

# Introdução

A atividade mineral é responsável pelo fornecimento de todos os insumos básicos para as cadeias produtivas industriais e, conseqüentemente, pela melhoria da qualidade de vida ao longo dos séculos da história da humanidade. A importância dos bens minerais para a sociedade é tão significativa que até as fases de evolução da humanidade são divididas em decorrência dos minerais utilizados, como idade da pedra, do bronze, do ferro etc.

Nem todas as pessoas observam a importância e frequência dos minerais em suas vidas, mas as necessidades básicas do ser humano, como alimentação, vestuário e moradia, são atendidas essencialmente por esses recursos. A construção de uma residência é um resumo do quanto presentes os minerais estão no dia a dia.

**Figura 1: Sua casa vem da mineração**



Elemento	Substância mineral	Elemento	Substância mineral	Elemento	Substância mineral
1 - Tijolo	Argila - bloco (brita, areia, calcário)	9 - Piso	Argila, calcário, feldspato, talco	18 - Laje	Areia, brita, cimento, ferro
2 - Fiação elétrica	Cobre - petróleo (plástico)	10 - Isolante parede	Quartzo, feldspato, mica	19 - Forro	Gipsita (gesso)
3 - Lâmpada	Quartzo - tungstênio - alumínio	11 - Pintura (tinta)	Calcário, talco, caulim, ilmenita, rutilo	20 - Armação - fundação	Areia, brita, calcário, argila, ferro
4 - Fundações - concreto	Areia, brita, calcário (cimento)	12 - Caixa d'água	Calcário, argila, gipsita, amianto	21 - Esquadrias	Bauxita, ferro, manganês
5 - Ferragens	Ferro, alumínio, cobre, zinco	13 - Impermeabilizante	Folhelho pirotuminoso, petróleo	22 - Piso	Ardósia, granito, argila, talco, caulim
6 - Vidro	Quartzo, calcário, dolomito, feldspato	14 - Contrapiso	Areia, brita, calcário, ferro	23 - Calha	Zinco, níquel, cobre, amianto
7 - Louça sanitária	Argila, calcário, feldspato, talco	15 - Pias	Mármore, granito, ferro, níquel, cobalto	24 - Telhado	Argila, amianto, calcário
8 - Azulejo	Argila, calcário, feldspato, talco	16 - Gás (GLP)	Gás natural, minerais metálicos	25 - Estrutura	Areia, brita, calcário, ferro
		17 - Encanamento	Ferro, cobre, petróleo (pvc)		

Fonte: MINEROPAR < <http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/escola/posters/11.jpg> > Acessado em 17/11/2016

## Consumo

---

Os produtos minerais formam a base do padrão de consumo da sociedade moderna. Seu consumo per capita é um importante indicador da situação econômica e social de um país, o que permite avaliar a melhoria da qualidade de vida, desenvolvimento e geração de conforto. Só para se ter uma ideia, uma pessoa consome mais de 130 mil toneladas de minérios durante a vida, considerando todos os produtos, serviços e infraestrutura utilizados.

Outro segmento de importância em consumo de minerais está a indústria farmacêutica. Vários elementos químicos usados para produzir os medicamentos são extraídos dos minerais, entre eles cálcio, enxofre, flúor, boro (usado também em vidros, cosméticos e detergentes), iodo e magnésio (utilizado ainda no curtimento de couro e seda artificial) e o mercúrio (também empregado na indústria elétrica, entre outros).

Em países industrializados, o consumo de minerais é maior que naqueles em desenvolvimento, ainda que existam particularidades por preferências tecnológicas e padrões construtivos em todo o mundo. O Brasil apresenta baixos níveis de consumo per capita de minerais, situado em patamares entre 15 e 30% do total consumido em países que atingiram níveis mais elevados de desenvolvimento. A assimetria verificada entre países desenvolvidos e aqueles em desenvolvimento também se reproduz no território nacional: nas regiões Sudeste e Sul o consumo per capita de diversos produtos minerais é muito superior ao das regiões Norte e Nordeste.

A significativa expansão do consumo de recursos minerais deve ocorrer com o crescimento demográfico da população e com a melhoria da infraestrutura necessária para atendimento à qualidade de vida, ao avanço tecnológico e aos recursos utilizados nas áreas de Biologia e Medicina, entre outros.

O consumo per capita de agregados (areia e brita, considerados bens minerais de uso social e matérias-primas de emprego imediato ou incorporados a produtos na indústria da construção em geral) é um importante indicador da situação econômica e social de um país, pois permite avaliar a melhoria da qualidade de vida, a geração de conforto e, como consequência, o seu nível de desenvolvimento.

O consumo nacional de agregados, cimento, aço, cobre e alumínio situa-se entre 1/3 e 1/6 da média dos EUA, da China, dos países europeus e até mesmo abaixo da média mundial, sendo superior ao consumo da Índia, conforme aponta a tabela 1, que apresenta valores de consumo per capita no mundo e previsões para o Brasil até 2030<sup>1</sup>, estimativa realizada a partir do cenário estabelecido em 2010.

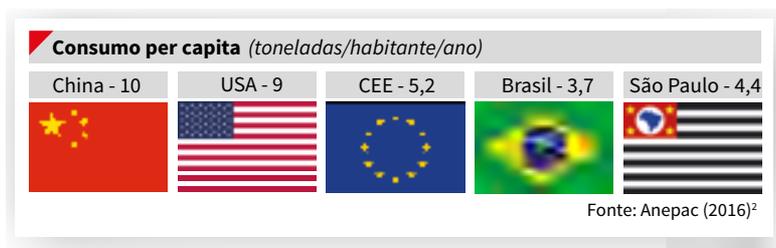
**Tabela 1: Consumo per capita de minerais e produtos de base mineral, e previsão de consumo para o Brasil até 2030**

	Europa	EUA	China	Índia	Mundo	Brasil			
	2008					2008	2015	2022	2030
Agregados (t)	6,0-10	9,0	n.d.	n.d.	3,5	2,5	3,6	5,1	7,0
Cimento (kg)	400-1.200	425	900	136	393	270	372	521	726
Aço (kg)	400-700	396	330	52	202	126	198	278	401
Cobre (kg)	8,0-20	7,0	3,0	0,2	2,7	2,1	2,7	3,7	5,4
Alumínio (kg)	20-30	30	7,8	1,1	5,7	4,9	6,5	8,9	12,8

Fonte: Brasil (2010)<sup>1</sup>

Por ser um forte indicador do nível da atividade econômica, juntamente com cimento, aço, cobre e alumínio, verifica-se que com o aumento do PIB (Produto Interno Bruto) nacional há uma grande tendência no aumento do consumo de agregados. Em 2014, o Brasil estava no patamar de consumo de 3,7 toneladas por habitante por ano, ainda muito distante do valor médio histórico de 6 a 7 toneladas por habitante por ano em países europeus e nos EUA. A figura 2 indica esse índice para o Estado de São Paulo, para o Brasil e traz outras referências relativas a 2014.

**Figura 2: Índice para o Estado de São Paulo, para o Brasil e outras referências em 2014**



## Histórico e expansão

Gilberto Calaes<sup>3</sup>, quando dos trabalhos para o Ministério de Minas e Energia, em 2009, em preparação para os estudos do Plano Plurianual de Mineração 2010 – 2030, apresentou a síntese sobre o histórico do consumo de recursos minerais:

*“Originando-se do domínio acelerado sobre a utilização de recursos minerais e sobre a geração de energia, a revolução industrial promoveu imediatos avanços nos campos das ciências biológicas, com o conseqüente aprimoramento do conhecimento medicinal. Estes diferentes fatores combinados levaram a um crescimento demográfico sem precedentes associado a uma significativa expansão dos índices de consumo per capita dos recursos minerais.*

*Em 1770, para uma população mundial da ordem de 700 milhões de habitantes, o consumo de minerais industriais, metais e combustíveis era da ordem de 10% do que veio a se verificar no ano de 1900, quando a população mundial havia dobrado (1,5 bilhões de habitantes). Este crescimento exponencial de produção e consumo veio a se intensificar mais ainda nos primeiros 70 anos do século XX, em que a utilização dos recursos minerais se multiplicava por 12,5 vezes, enquanto a população mundial ascendia de 1,55 bilhões para 3,68 bilhões. Enquanto o ano de 1900 assinalava um consumo de bens minerais da ordem de US\$ 8,40 per capita, setenta anos depois se verificava US\$ 45,00 per capita.*

*Segundo Sutulov (1972), em 1970 - para cada habitante do mundo eram removidos anualmente, cerca de 8 toneladas da crosta terrestre, das quais cerca de 2,5 t de rejeitos, 3,3 t se destinavam a edificações, 1,7 t correspondiam a combustíveis e os 500 kg restantes, eram de concentrados que originavam 140 kg de metais e 155 kg de substâncias não metálicas. (...)*

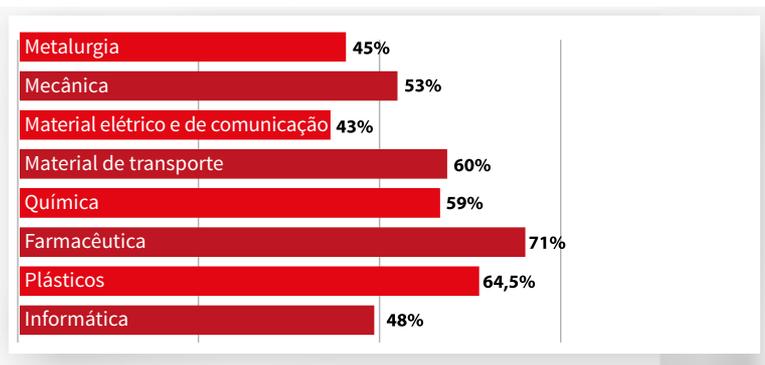
O alarme da exaustão dos recursos não renováveis, acionado no passado por Malthus e Ricardo – que se preocuparam em avaliar as condições do planeta, em abrigar uma expansão demográfica acelerada, acompanhada do uso intensivo dos recursos naturais –, voltou a soar na década de 70, com as conclusões enunciadas em relatório encomendado pelo Clube de Roma ao MIT – Massachusetts Institute of Technology (Brito, 1976). A perspectiva apocalíptica, de exaustão dos recursos minerais, delineada no referido relatório, foi consubstanciada por Dennis Meadow em seu livro *Os Limites do Crescimento* e ecoada nos pronunciamentos do famoso Encontro de Estocolmo (1972).

A projeção dessas perspectivas para o ano 2.000 indicava o alcance de uma população mundial da ordem de 6,5 bilhões de habitantes, com um índice de consumo per capita de produtos minerais da ordem de US\$ 80,00 / habitante / ano. Isso significava que o consumo mundial de recursos minerais deveria atingir US\$ 520 bilhões, ou seja, 213% superior ao de 1970 (US\$ 166 bilhões). Com tais perspectivas ter-se-ia, para o século XX como um todo, um crescimento de 40 vezes no consumo mundial de produtos minerais ou o equivalente a uma expansão de 10 vezes no consumo per capita. O consumo mundial previsto para o século seria, portanto, 30 vezes superior ao que se observou ao longo de todo o período da primeira revolução industrial (1770-1900).

Configura-se, com tais constatações, a dinâmica das transformações econômicas de nossa civilização, o que pode ainda ser enfatizado com a verificação de notáveis inovações restritas a um passado de poucas dezenas de anos, como é o caso do uso hoje maciço do alumínio; da expansão na geração da energia nuclear; dos diversificados subprodutos do petróleo; das ligas supercondutoras, dos materiais eletrônicos, cerâmicos, etc. (...) De fato, o conceito de reservas minerais é dinâmico, já que é função de variáveis econômicas, políticas, sociais e tecnológicas, podendo-se afirmar que, no limite, o desenvolvimento mineral, na civilização do futuro, tende para o aproveitamento de depósitos com teores cada vez mais reduzidos e mais próximos da média que se verifica no globo terrestre.”

## Estado de São Paulo

O Estado é responsável por cerca de 40% da produção industrial nacional, líder em vários setores industriais da economia brasileira, como as indústrias automobilística, de aviação, sucroalcooleira, e de suco de laranja. Neste estado está instalado o maior parque industrial do país, com indústrias de qualidade e produtividade conferidas. Entre os setores que mais se destacam na produção nacional estão:



**Gráfico 1: Participação dos segmentos de importância do parque industrial paulista no cenário nacional**

### NOTAS

1. BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Plano nacional de mineração 2030* (PNM – 2030). Brasília: MME, 2010. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1595593/PNM\\_2030.pdf/584e906a-8bdc-4c80-bd34-00de2be644b1](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1595593/PNM_2030.pdf/584e906a-8bdc-4c80-bd34-00de2be644b1)>.
2. ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção. *O mercado de agregados no Brasil*. 2016. Disponível em: <[http://www.anepac.org.br/agregados/mercado/item/download/69\\_04062b071b7171f3481b7a0e8f36f5ac](http://www.anepac.org.br/agregados/mercado/item/download/69_04062b071b7171f3481b7a0e8f36f5ac)>.
3. CALAES, G. D. *Relatório técnico 04: evolução do mercado mineral no Brasil a longo prazo*. Brasília: MME, 2009. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256656/P01\\_RT04\\_Evoluxo\\_do\\_Mercado\\_Mineral\\_no\\_Brasil\\_a\\_longo\\_prazo.pdf/caf22587-e573-41e7-949a-62c-f43d85660](http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256656/P01_RT04_Evoluxo_do_Mercado_Mineral_no_Brasil_a_longo_prazo.pdf/caf22587-e573-41e7-949a-62c-f43d85660)>.



# Capítulo 1

## A INDÚSTRIA MINERAL BRASILEIRA

A indústria mineral é um importante setor da economia brasileira, abastecedora de toda a atividade agrícola e industrial da sociedade moderna. O Brasil apresenta grande diversidade de produção no setor, o que inclui desde empresas detentoras de jazidas de classe internacional e minerais estratégicos para o desenvolvimento nacional até minerações que atendem os mercados essencialmente locais e regionais.

Apesar da crescente demanda por matérias-primas minerais verificada nas últimas décadas, essa atividade econômica brasileira tem sido marcada pelo baixo crescimento, pressão inflacionária, redução de investimentos e desaceleração da economia em geral.

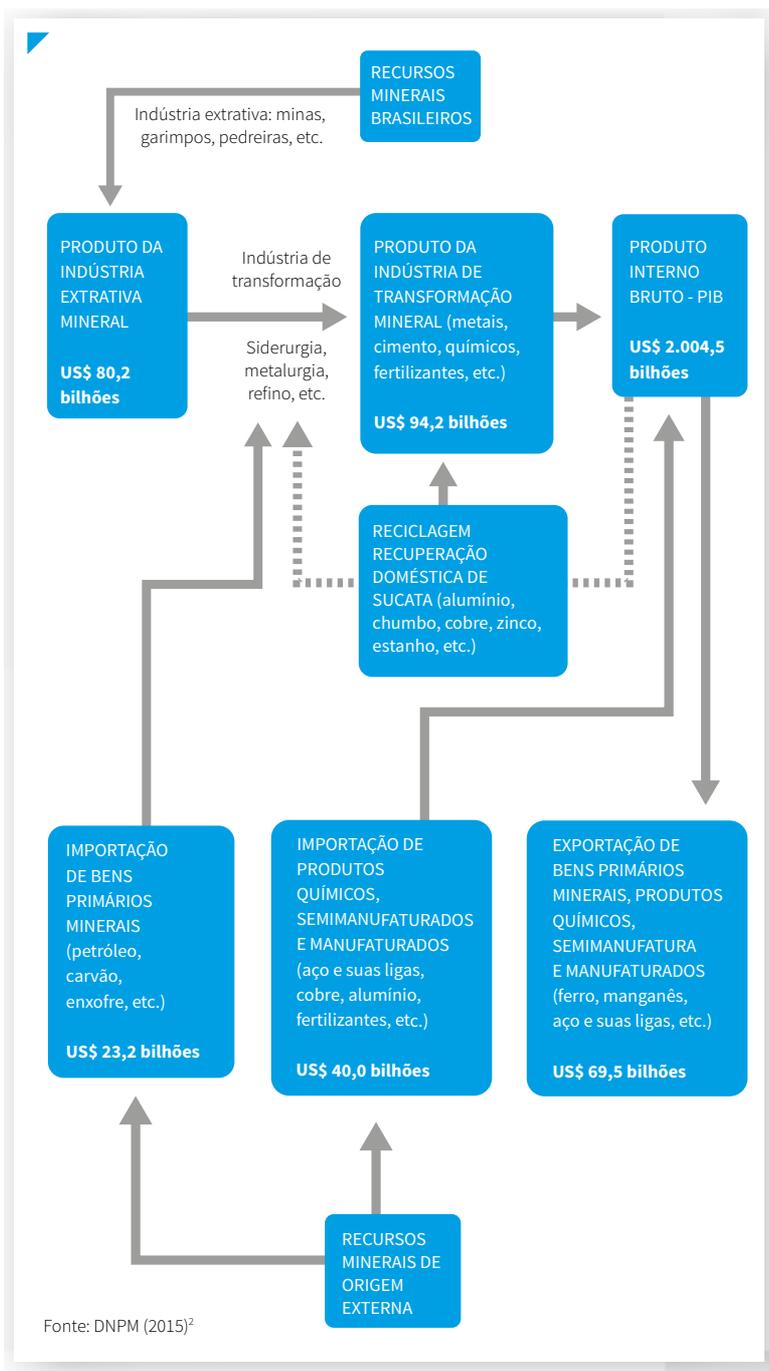
De acordo com os dados de 2013 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)<sup>1</sup>, a produção da Indústria Extrativa Brasileira – que compreende a extração de carvão mineral, minerais não metálicos, petróleo e gás, ferro e minerais metálicos não ferrosos – atingiu a casa dos R\$ 168,2 bilhões (US\$ 77,9 bilhões), o que corresponde a 4,1% do PIB brasileiro.

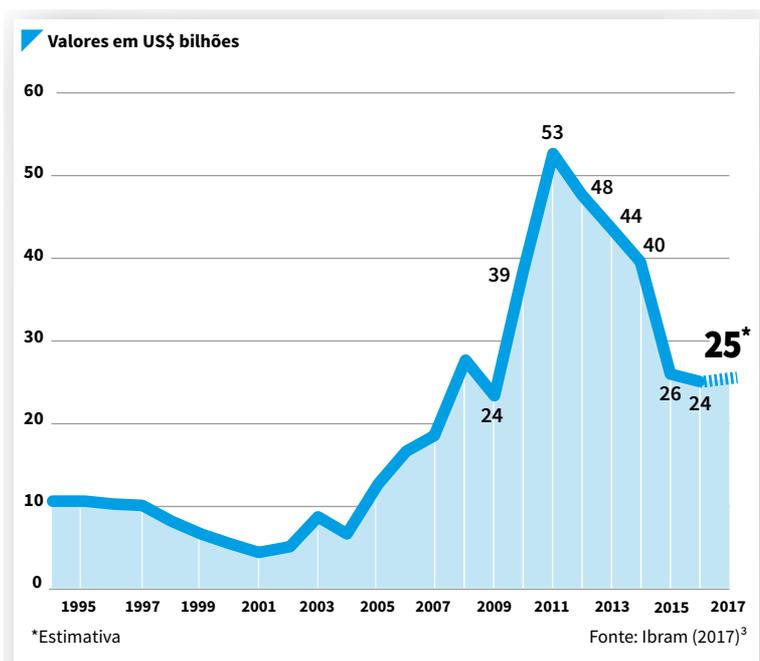
Em 2014<sup>2</sup>, a indústria extrativa mineral foi o único setor da economia brasileira que apresentou expansão, de cerca de 8,7%, impulsionado pelo aumento da produção de petróleo e minério de ferro, chegando a R\$ 188,7 bilhões (US\$ 80,2 bilhões), o que equivale a 4,0% do PIB.

Em 2015, a Produção Mineral Brasileira (PMB), que exclui petróleo e gás, chegou a R\$ 26 bilhões e em 2016, R\$ 24 bilhões. O gráfico 1 mostra a evolução dos últimos 20 anos apresentada pelo Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram)<sup>3</sup>, que atribui a recente queda à redução dos preços das commodities minerais no mercado internacional, em especial ao preço do minério de ferro, que responde por 75% da PMB em valor.



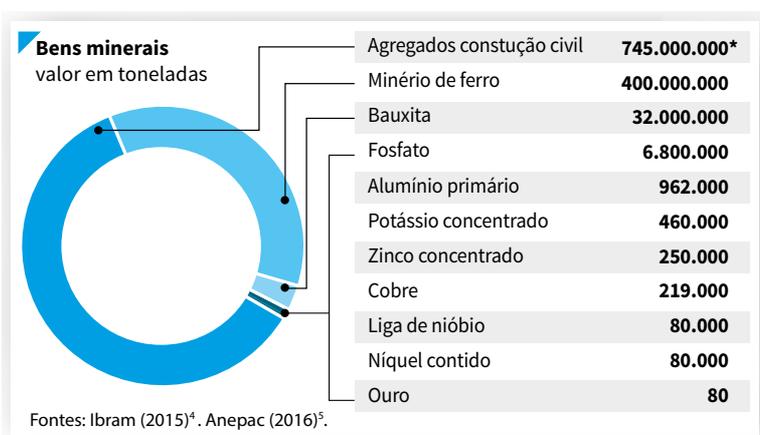
**Figura 1: Influência dos bens minerais na economia nacional**





**Gráfico 1: Evolução da Produção Mineral Brasileira (PMB)**

A produção mineral brasileira em quantidade produzida para o ano de 2014 está ilustrada no gráfico 2. A produção foi mantida em 2015, apresentou pequeno decréscimo em 2016 e deverá mostrar crescimento reduzido em 2017.

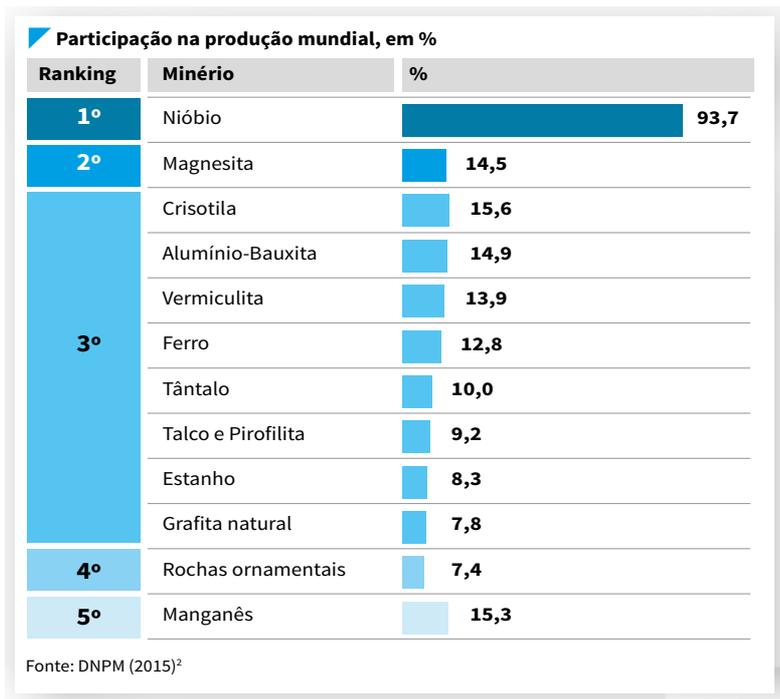


**Gráfico 2: Produção Mineral Brasileira (PMB) em 2014**

O Brasil destaca-se como o maior produtor mundial de nióbio. Em 2014<sup>2</sup> teve participação de 93,7% no mercado mundial. Esse metal é usado como liga na produção de aços especiais e é um dos mais resistentes à corrosão e a temperaturas extremas. É empregado em automóveis, turbinas de avião, gasodutos, tomógrafos de ressonância magnética, indústria aeroespacial, bélica e nuclear, além de ter inúmeras aplicações como em lentes ópticas, lâmpadas de alta intensidade e bens eletrônicos.

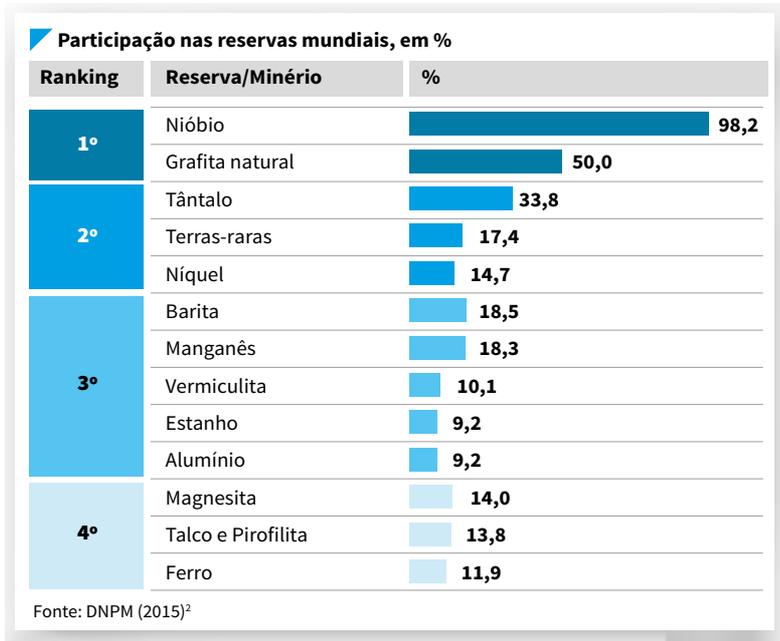
O país ocupa ainda, com 14,5%, a segunda posição mundial na produção de magnesita, utilizada na produção de refratários, indústrias de cimento, vidro, fertilizantes, abrasivos, siderurgia, rações e produtos químicos. Destaca-se também como grande *player* mundial na produção de outras substâncias, conforme mostra o gráfico 3.

**Gráfico 3: Ranking mundial da produção mineral em 2014**



No cenário internacional, o país também é um importante detentor de reservas minerais, ocupando o primeiro lugar em reservas de nióbio, conforme aponta o gráfico 4.

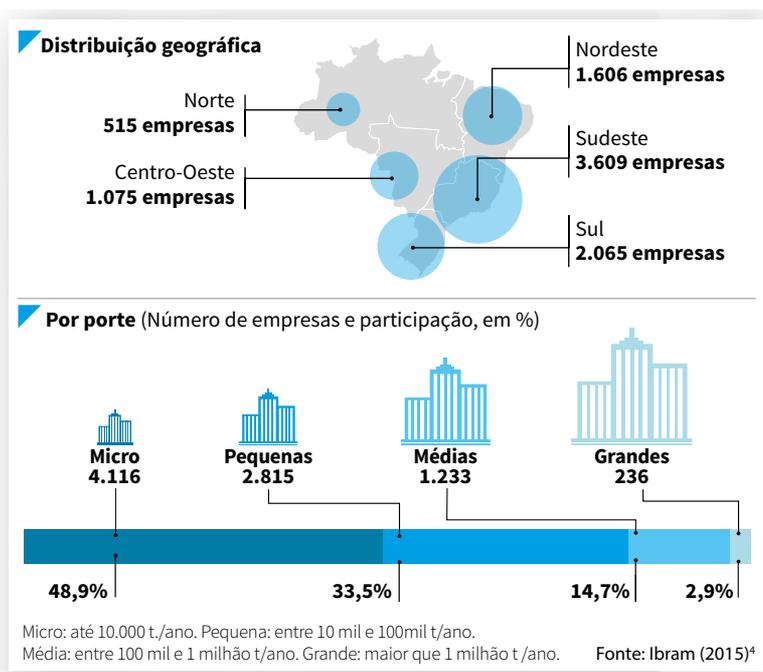
**Gráfico 4: Ranking mundial das principais reservas minerais brasileiras em 2014**



Em função das limitações de suas características geológicas e metalogenéticas, o Brasil é importador de potássio e carvão mineral – representando 78,3% das importações em minerais –, diatomita e enxofre, além de molibdênio, vanádio, platina e concentrados de chumbo e cobre, todos com dependência superior a 50% do consumo total nacional.



Em 2013 havia mais de 8.400 empresas mineradoras no Brasil, distribuídas conforme a figura 2. Esse número foi significativamente alterado nos últimos anos em função da forte crise econômica internacional e seus reflexos na produção brasileira, das dificuldades relacionadas ao licenciamento ambiental e instabilidade gerada pela expectativa e demora do marco regulatório da mineração. O setor mineral brasileiro emprega cerca de 175 mil trabalhadores nas operações industriais, com um fator multiplicador de empregos na cadeia produtiva de 1:13, resultando em 2,2 milhões de empregados.



**Figura 2: Distribuição das empresas de mineração no Brasil em 2014**

NOTAS

- BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Sumário mineral 2014*. Brasília: DNPM, 2014. v. 34. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014>>.
- BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Sumário mineral 2015*. Brasília: DNPM, 2015. v. 35. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015>>.
- IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. *Produção mineral brasileira*. 2017. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/>>.
- IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. *Informações sobre a economia mineral brasileira 2015*. 2015. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00005836.pdf>>.
- ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção. *O mercado de agregados no Brasil*. 2016. Disponível em: <[http://www.anepac.org.br/agregados/mercado/item/download/69\\_04062b071b-7171f3481b7a0e8f36f5ac](http://www.anepac.org.br/agregados/mercado/item/download/69_04062b071b-7171f3481b7a0e8f36f5ac)>.



## Capítulo 2

# RECURSOS MINERAIS

## DO ESTADO DE SÃO PAULO

A história da mineração no território paulista está associada à descoberta de ocorrências auríferas aluvionares no sopé do Pico do Jaraguá, na capital, e de minério de ferro associado ao maciço alcalino na Fazenda Ipanema, em Araçoiaba da Serra, no século XVI<sup>1</sup>. Os condicionantes naturais como clima, fisiografia e fertilidade dos solos do Estado de São Paulo, aliados à pouca expressão dos depósitos minerais clássicos, favoreceram a implantação da atividade agrícola.

Somente com o desenvolvimento econômico verificado entre os séculos XIX e XX, os empreendimentos minerários do Estado passaram de artesanais a industriais, somados à diversificação e modernização da produção mineral paulista, acompanhando a demanda dos parques industriais e o desenvolvimento urbano, principais características locais. Inicialmente, as minerações se estabeleceram perto dos núcleos urbanos, produzindo, de forma bastante rudimentar, as matérias-primas para a construção (areia, cascalho e rochas trabalhadas manualmente – pedras marroadas), e argilas para olarias, no final do século XIX<sup>2</sup>.

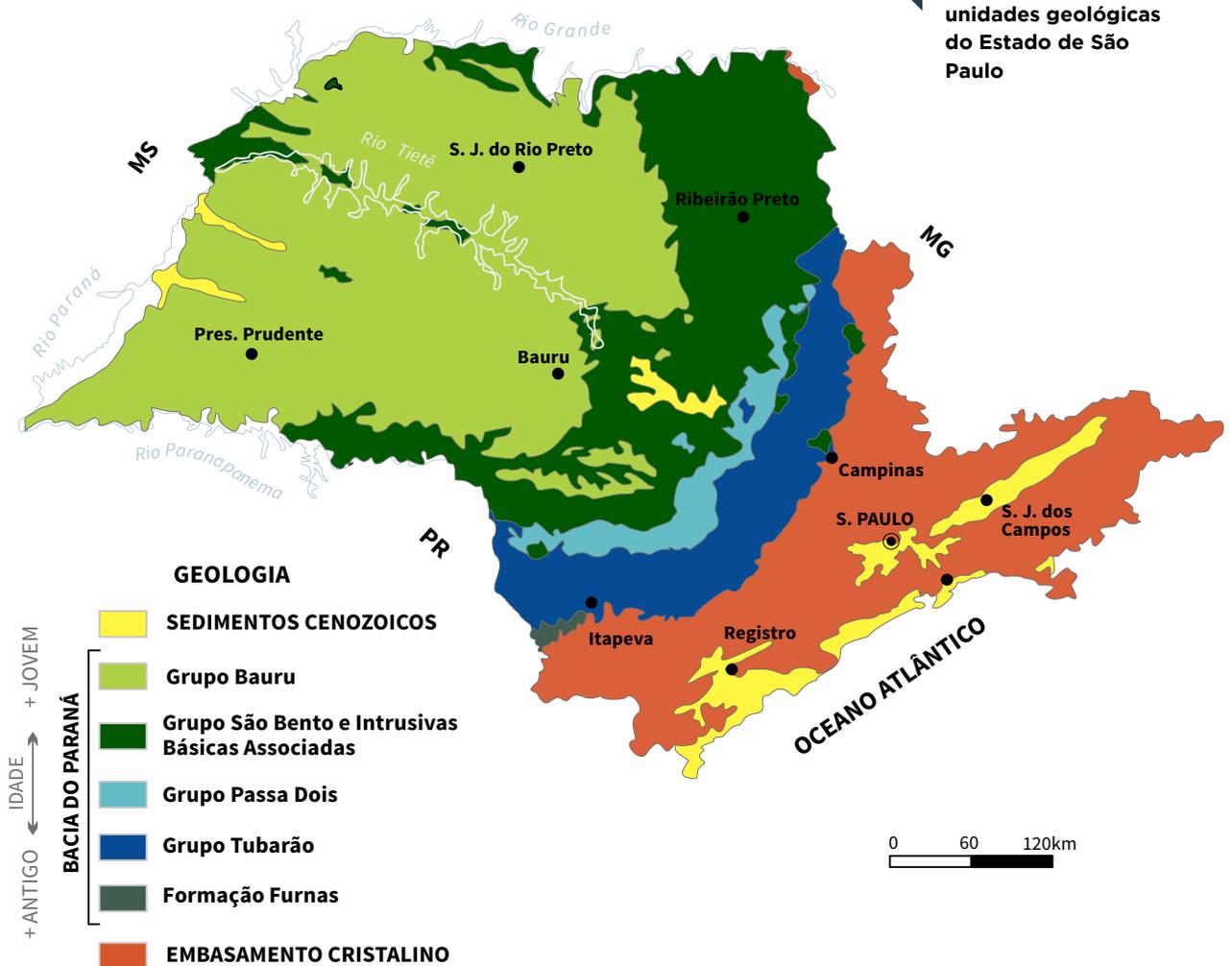
A potencialidade mineral é controlada por seu arcabouço geológico – forma de ocorrência das rochas e sedimentos, de tal maneira que favorece a formação e ocorrência de minerais de interesse econômico. Esses condicionantes geológicos naturais, aliados à expansão do desenvolvimento urbano e industrial e à sua consequente geração de consumidores de matérias-primas, concentram as minerações paulistas em polos produtores regionais, de acordo com o tipo de substância e seu uso.

As principais unidades geológicas paulistas estão ilustradas na figura 1.



Shutterstock.com

**Figura 1: Principais unidades geológicas do Estado de São Paulo**



As grandes descobertas minerais em SP aconteceram em dois momentos históricos<sup>3</sup>:

**Nas décadas de 30 e 40:**

- ▶ Mineralizações de chumbo, zinco e prata do Vale do Ribeira;
- ▶ Depósito de apatita no carbonatito de Jacupiranga;
- ▶ Mineralizações de tungstênio da Serra do São Francisco, próxima ao município de Votorantim, e da Fazenda Inhandjara, em Jundiá.

**Na década de 80 (na região do Vale do Ribeira, no sul do Estado de São Paulo):**

- ▶ CPRM (então Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, atualmente Serviço Geológico Brasileiro) – depósitos de ouro do rio Ivaporunduva;
- ▶ IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo):
  - Tungstênio e wollastonita do Granito Itaoca;
  - Fluorita de Saltinho;
  - Estanho e tungstênio do Granito Correias;
  - Mineralizações sulfetadas de chumbo, zinco e cobre dos granitos Mandira e Guaraú.



O Estado de São Paulo é compartimentado em dois principais domínios geológicos – o Embasamento Cristalino e a Bacia Sedimentar do Paraná, capeadas localmente por coberturas sedimentares e de alteração intempérica.

O Embasamento Cristalino ocupa o sul, a faixa litorânea e o leste do estado, com pequena exposição no extremo nordeste, e apresenta afloramentos das rochas mais antigas do território paulista, com exposição de maciços ígneos e metamórficos, correspondendo a 30% do território. Encontram-se neste domínio as principais explorações de jazidas de rochas para brita e ornamentais, os depósitos de feldspatos, em granitos e pegmatitos, as minas de calcário para cal e cimento, dolomito, calcita e talco, filitos, quartzitos e ardósias.

Já a Bacia Sedimentar do Paraná constitui cerca de 60% da área do estado, incluindo regiões de intercalações de rochas vulcânicas basálticas. Os 10% restantes do território paulista correspondem a bacias sedimentares menores, sendo representadas pelas bacias de São Paulo e Taubaté, além de sedimentos associados aos rios atuais. Nas bacias sedimentares situam-se produções de areia industrial e para construção, calcário para uso em corretivo agrícola, bentonitas, e amplas faixas de rochas argilosas responsáveis pelo suprimento de matérias-primas para cerâmica vermelha e revestimento cerâmico.

Algumas ocorrências minerais estão relacionadas às condições morfoclimáticas que ocasionaram concentrações de depósitos residuais intempéricos e aluvionares, como as jazidas de caulim, bauxita e argilas refratárias.

Ao longo dos principais rios do estado observam-se depósitos de areia, cascalho, argila comum e, mais pontualmente, turfa, argilas plásticas e refratárias<sup>5</sup>.

**Tabela 1:**  
**Substâncias**  
**produzidas no**  
**Estado de São**  
**Paulo, setores**  
**industriais**  
**de consumo**  
**e contexto**  
**geológico**



<b>Substância</b>	<b>Setor Industrial de Consumo</b>	<b>Contexto Geológico</b>	<b>Regiões do Estado</b>
Água mineral	Bebidas	Aquíferos e fontes em terrenos cristalinos e sedimentares	Todo o estado
Areia e cascalho	Construção civil	Sedimentos aluvionares e costeiros (quaternários), formações arenosas das bacias do Paraná, Taubaté, São Paulo e Bauru e coberturas elúvio-coluvionares em rochas quartzo-feldspáticas do embasamento cristalino (pré-cambriano)	Todo o estado
Areia industrial	Fundição, tintas e vernizes, vidro e cerâmica	Formações arenosas (paleozoicas) da bacia do Paraná, coberturas continentais (cenozoicas) e sedimentos praias	Analândia, Descalvado e Bofete
Argilas comuns e plásticas	Cerâmica e cimento	Sedimentos aluvionares e formações argilosas (paleozoicas) das bacias do Paraná e Bauru	Tatuí, Itu, Leme, Tambaú, Santa Gertrudes e Mogi Guaçu
Argilas refratárias	Cerâmica	Sedimentos aluvionares (quaternários) e mantos de alteração intempérica em rochas alcalinas	São Simão, Aguai, Porto Ferreira, Alto Tietê
Bauxita metalúrgica	Metalurgia do alumínio	Mantos de alteração intempérica em rochas alcalinas (mesozoicas) e granitoides (pré-cambrianos)	Águas da Prata e Divinolândia
Bauxita refratária	Cerâmica e sulfato de alumínio	Mantos de alteração intempérica em rochas alcalinas (mesozoicas) e granitoides (pré-cambrianos)	Águas da Prata e Divinolândia
Bentonita e argila descorante	Construção civil, fundição, descoramento e recuperação de óleos	Bacia de Taubaté (terciária)	Vale do Paraíba
Calcário	Cimento, cal, corretivos agrícolas, siderurgia, vidro e cerâmica	Unidades metamórficas do embasamento cristalino (pré-cambriano) e formações da Bacia do Paraná (permiano)	Faixa de Sorocaba ao Vale do Ribeira Rio Claro e Limeira
Calcita	Tintas e vernizes, plásticos, tapetes e carpetes, vidro, borracha e cerâmica	Unidades metamórficas do embasamento cristalino (pré-cambriano)	Faixa de Sorocaba ao Vale do Ribeira

Fonte: adaptado de Cabral Jr. et (2008)

CONTINUA NA PRÓXIMA PÁGINA

<b>Substância</b>	<b>Setor Industrial de Consumo</b>	<b>Contexto Geológico</b>	<b>Regiões do Estado</b>
Caulim	Cerâmica, papel, tintas e vernizes, produtos farmacêuticos e veterinários, fertilizantes, vidro e borracha	Mantos de alteração intempérica em granitos e pegmatitos	Mogi das Cruzes, EmbuGuaçu e Piedade
Dolomito	Corretivos agrícolas, tintas e vernizes, siderurgia e vidro	Unidades metamórficas do embasamento cristalino (pré-cambriano)	Faixa de Sorocaba ao Vale do Ribeira
Feldspato	Cerâmica, vidro, tintas e vernizes	Granitos e pegmatitos	Jundiaí, Sorocaba e Socorro
Filito	Cerâmica, construção civil e defensivos agrícolas	Unidades metamórficas do embasamento cristalino	Faixa de Sorocaba ao Vale do Ribeira
Quartzito industrial	Siderurgia, tintas e vernizes, abrasivos, cerâmica	Unidades metamórficas do embasamento cristalino (pré-cambriano)	Faixa de Sorocaba ao Vale do Ribeira
Rocha fosfática	Fertilizantes e ácido fosfórico	Maçiços alcalinos (mesozoicos)	Jacupiranga e Ipanema
Rochas britadas	Construção civil	Rochas ígneas e metamórficas: embasamento cristalino e rochas básicas e alcalinas  Rochas ígneas e metamórficas: embasamento cristalino pré-cambriano e rochas básicas e alcalinas fanerozoicas	Faixa de Sorocaba ao Vale do Ribeira  Faixa oeste (basaltos)
Rochas ornamentais	Construção civil	Maçiços ígneos e metamórficos do embasamento cristalino (pré-cambrianos)	Faixa de Sorocaba ao Vale do Ribeira
Talco	Cerâmica, defensivos agrícolas, borracha, tintas e vernizes	Unidades metamórficas do embasamento cristalino (pré-cambriano)	Faixa de Sorocaba ao Vale do Ribeira
Turfa	Agricultura	Aluviões quaternários	

Fonte: adaptado de Cabral Jr. et al. (2008)

**Tabela 1:** (continuação)  
**Substâncias produzidas no Estado de São Paulo, setores industriais de consumo e contexto geológico**



Gláucia Cuchierato



As reservas minerais paulistas são apresentadas na tabela 2 para os minerais metálicos e na tabela 3 para minerais não metálicos, conforme **Anuário Mineral Estadual 2015, ano base 2014<sup>6</sup>**.

**Tabela 2:**  
Reservas minerais -  
metálicos em 2014

Classe / Substância	Unidade	Medida	Indicada	Inferida	Lavrável
<b>Alumínio (Bauxita)</b>					
Bauxita metalúrgica	t	2.858.354	1.645.547	120.558	1.503.179
Bauxita refratária	t	6.237.494	1.648.033	557.760	4.888.480
<b>Cobre</b>	t Cu	9.733	10.803	6.919	9.733
<b>Estanho/Cassiterita</b>	kg Sn	3.606.784	898.960	75.150	3.606.784
<b>Ferrosos</b>					
Ferro	t	208.978.478	140.574.759	84.686.322	17.182.698
Manganês	t	40.110	18.120	59.970	40.110
<b>Terras-raras</b>	t ETR	46.943	51.020	705.774	-
<b>Prata</b>	kg Ag	15.811	28.231	-	-
<b>Titânio</b>					
Ilmenita	t TiO2	17.635.940	682.286	836.344	-
Tungstênio	t WO3	1.099	267	23	-

**Tabela 3:**  
Reservas minerais -  
não metálicos em 2014

Classe / Substância	Unidade	Medida	Indicada	Inferida	Lavrável
<b>Areias Industriais</b>					
Areia industrial	t	1.049.188.985	333.262.713	213.436.614	398.662.000
Quartzito industrial	t	191.147.731	338.848.557	255.004.456	147.664.843
Quartzo	t	843.353	147.893	1.176.874	238.689
<b>Argilas</b>					
Argilas comuns	t	3.000.417.520	1.427.094.401	661.811.763	1.208.531.454
Argilas plásticas	t	72.259.057	28.206.681	22.380.280	8.850.705
Argilas refratárias	t	128.917.857	86.676.867	26.686.749	78.466.493
Bentonita e Argilas descorantes	t	18.579.543	27.410.575	18.968.300	18.579.543
<b>Rochas carbonáticas</b>					
Calcário	t	3.111.249.094	1.914.474.788	897.784.656	1.685.171.396
Calcita	t	81.303	463.975	-	64.803
Dolomito	t	217.700.741	69.107.124	16.852.625	71.546.925

CONTINUA NA PROXIMA PÁGINA

**Outros minerais industriais**

Caulim	t	51.190.235	26.522.654	42.597.993	12.945.004
Diatomita	t	19.350	2.500	-	-
Feldspato	t	34.804.053	20.912.674	9.097.469	20.905.716
Filito	t	288.386.296	246.566.857	52.598.131	119.959.508
Nefelina-Sienito	t	56.717.975	-	-	56.717.975
Mica	t	5.528	5.500	48.000	-
Turmalina industrial	kg Min. Ind.	300	-	-	300
Fluorita	t	498.456	34.944	-	498.456
Talco	t	2.694.378	1.514.902	145.000	1.861.491

**Rochas fosfáticas**

Fosfato	t P2O5	6.327.279	9.658.070	3.656.422	5.808.161
---------	--------	-----------	-----------	-----------	-----------

**Potássio**

Potássio	t K2O	3.955.316	803.149	56.041	-
----------	-------	-----------	---------	--------	---

**Rochas ornamentais**

Ardósia	t	2.910.167	6.020.932	3.858.105	-
Arenito ornamental	t	1.315.468	610.272	764.694	1.315.468
Ornamental (granito, gnaisse e afins)	t	133.598.422	214.708.464	136.974.551	40.043.069
Ornamental (mármore e afins)	t	627.570	-	-	54.600
Outras rochas ornamentais (pedra de talhe, pedra-sabão, basalto, etc.)	t	8.849.586	1.243.881	-	12.086
<b>Turfa</b>	t	39.600.719	4.565.719	76.566	17.860.091

## NOTAS

1. ABREU, S. F. *Recursos minerais do Brasil*. 2. ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1973. v. 1. 324 p.
2. CABRAL JUNIOR, M. et al. A mineração no Estado de São Paulo: situação atual, perspectivas e desafios para o aproveitamento dos recursos minerais. *Rev. Geociências*, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 171-192, abr./jun. 2008.
3. SAAD, A. R. et al. Potencialidade mineral do Estado de São Paulo. *Rev. Geociências - UNG*, Guarulhos, v. 1, n. 3, p. 5-17, 1996.
4. TANNO, L. C.; SINTONI, A. (Coord.). *Mineração e município: bases para planejamento e gestão dos recursos minerais*. São Paulo: IPT, 2003. 178 p.
5. CABRAL JUNIOR, M.; ALMEIDA, E. B. Geologia e principais aplicações dos minerais industriais no Estado de São Paulo. In: ENCONTRO DE MINERADORES E CONSUMIDORES, 7., 1999, Rio Claro. *Resumos expandidos...* São Paulo: Associação Brasileira de Cerâmica, 1999. p. 1-3.
6. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Anuário mineral estadual – São Paulo 2015 – ano base 2014*. Brasília: DNPM, 2016. Disponível em: <<http://www.dnmp.gov.br/dnmp/paginas/anoario-mineral-estadual/anoario-mineral-estadual-sao-paulo-2015-ano-base-2014>>.

**Tabela 3:  
Reservas minerais -  
não metálicos em 2014***(continuação)***Observações:**

1. Quando houver símbolo químico ao lado da unidade, as quantidades referem-se aos conteúdos (mineral de minério ou elemento químico de interesse econômico). Nos grupos que não apresentam símbolo, os valores referem-se à massa do minério.

2. As reservas minerais são baseadas nos Relatórios Finais de Pesquisa e nos Relatórios de Reavaliação de Reservas aprovados e não incluem os recursos minerais lavrados sob os regimes de Registro de Licença e Registro de Extração.

3. Não são apresentadas reservas de areia, saibro, rochas britadas e cascalho.



## Capítulo 3

# A INDÚSTRIA MINERAL PAULISTA

São Paulo é o estado mais rico do Brasil. Tem o maior Produto Interno Bruto (PIB) do país e é um dos mais importantes polos econômicos da América Latina. Em 2015, o PIB paulista foi de R\$ 1,896 bilhão, o que equivale a 32,14% do PIB nacional, que chegou a R\$ 5,9 trilhões. Possui uma economia diversificada, composta por indústrias metal-mecânica, sucroalcooleira, têxtil, química, automobilística, aeronáutica e de informática, bem como pelos setores de serviços, financeiro e agropecuário.

Em relação aos recursos minerais, o Estado de São Paulo é caracterizado por uma indústria dedicada à produção de bens minerais importantes, voltada predominantemente para o consumo interno. Esses minerais são utilizados na agricultura, indústrias de transformação (cimento, siderúrgica, cerâmica, vidro, tecnologia) e, destacadamente, pela indústria da construção.

Seu parque industrial produtivo apresenta grande diversidade, caracterizada pelo porte, bem mineral explorado, investimentos realizados, volume de extração, grau de mecanização e uso de tecnologias de lavra e beneficiamento, gestão empresarial, projetos de controle e recuperação ambientais com expressiva produção mineral e promissoras perspectivas de expansão.

O Estado é também o maior consumidor de bens minerais do hemisfério Sul, caracterizado pelo consumo essencialmente local e regional.

Algumas substâncias minerais, devido aos custos de frete, necessitam ser produzidas próximo de seus mercados consumidores, o que ocasiona a dispersão geográfica das unidades produtoras, uma vez que há demanda distribuída por todo o território paulista. A viabilidade econômica desses produtos e sua competitividade no mercado são fortemente pautadas pela distância de transporte. Em consequência, são encontradas minas de argila para cerâmica vermelha, areia e pedras britadas em todas as regiões do estado e na grande maioria dos municípios paulistas.





De acordo com as estatísticas oficiais do DNPM<sup>1</sup> e dados setoriais<sup>2</sup>, a produção comercializada (quantidade e valor da produção vendida, consumida ou transferida para industrialização) do Estado de São Paulo em 2014 foi superior a 215 milhões de toneladas, resultando em um valor de R\$ 6,9 bilhões, sendo que o setor de minerais metálicos é responsável por apenas 0,27% do valor total produzido, equivalente a uma pequena produção de ferro e bauxita (tabela 1). Considerando o valor de produção, o estado ocupa o 4º lugar em um ranking liderado por Minas Gerais, Pará e Goiás.

### Substâncias produzidas e comercializadas, em 2014

Substância	Quantidade	Valor Total (R\$)
Areia*	97.764.800	2.913.391.040
Brita e Cascalho*	69.832.000	1.996.496.880
Água mineral (1)	1.753.039	816.002.737
Calcário	21.921.918	503.442.528
Areia industrial	5.175.996	196.712.830
Fosfato (2)	701.628	191.709.517
Argilas comuns	15.608.825	144.416.928
Filito	945.982	28.933.359
Caulim	102.961	26.140.641
Dolomito	358.161	18.298.063
Bauxita metalúrgica	232.236	16.639.446
Talco	108.781	9.542.970
Argilas plásticas	56.742	8.822.267
Bentonita e Argilas descorantes	65.114	8.521.011
Rochas ornamentais	16.519	6.881.227
Quartzito industrial	291.652	5.186.982
Arenito ornamental	24.664	4.097.391
Turfa (3)	40.786	3.429.199
Saibro	330.831	3.397.453
Nefelina-Sienito	12.350	2.305.028
Ferro	157.921	2.260.595
Argilas refratárias	22.966	798.495
Feldspato	1.407	449.469
Outras rochas ornamentais	3.501	204.443
Bauxita refratária	7.712	154.228
<b>TOTAL</b>	<b>215.530.780</b>	<b>6.908.234.727</b>

1. Água mineral - em 10<sup>3</sup> l (densidade = 1 t/m<sup>3</sup>)<sup>3</sup>

2. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

3. A turfa, apesar de listada como mineral energético, é usada no Estado de São Paulo como insumo agrícola e foi incluída na classe dos não metálicos.

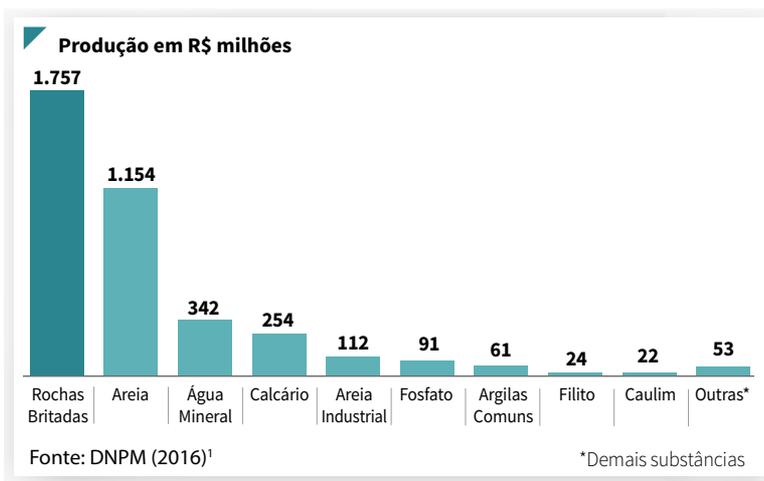
Obs.: Os valores de areia e brita são mensurados pelo consumo.

Fonte: DNPM (2016)<sup>1</sup>, exceto \* que são dados setoriais Apepac (2016)<sup>2</sup>

**Tabela 1:**  
Substâncias produzidas e comercializadas no estado em 2014

Ordenando a produção mineral paulista por valor, constata-se que as nove principais substâncias perfazem 98,6% do total produzido, conforme aponta o gráfico 1.

**Gráfico 1: Principais substâncias minerais produzidas em 2014**



Separando as substâncias minerais em grandes grupos, que serão individualmente apresentados nesta publicação, observa-se que 99,6% de todo volume produzido em São Paulo concentra-se em sete grupos de substâncias minerais, conforme observado no gráfico 2. Em valor de produção, esses grupos perfazem 99,7% do total, o que confirma a grande concentração produtiva.

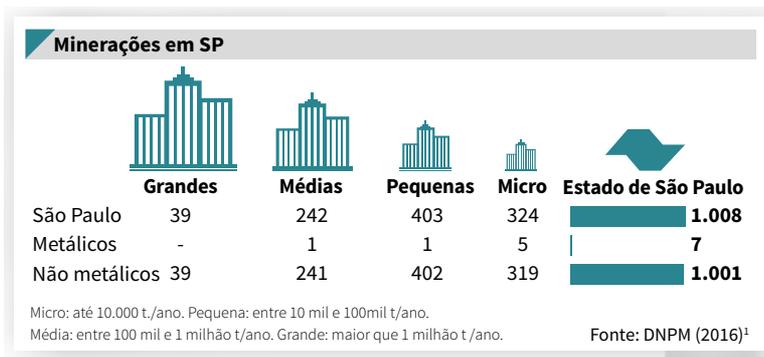
**Gráfico 2: Grupos de substâncias comercializadas em 2014**

Substância	Quantidade (t)	Valor Total (R\$)
Agregados	167.927.631	4.913.285.373
Água mineral	1.753.039*	816.002.737
Rochas carbonáticas	22.280.079	521.740.591
Areias industriais	5.467.648	201.899.812
Rochas fosfáticas	701.628	191.709.517
Argilas	15.753.647	162.558.701
Outros minerais industriais	1.171.481	67.371.467
Rochas ornamentais	44.684	11.183.061
Turfa	40.786	3.429.199
Metálicos	397.869	19.054.269
<b>TOTAL</b>	<b>215.530.780</b>	<b>6.908.234.727</b>

\*em 10<sup>3</sup> litros (densidade = 1 t/m<sup>3</sup>)<sup>3</sup> Fonte: DNPM (2016)<sup>1</sup>

Pelo levantamento geral do DNPM, em 2014 havia 1.008 empreendimentos minerários ativos, conforme o gráfico 3.

**Gráfico 3: Porte das minerações no Estado de São Paulo em 2014**





Shutterstock.com

O Estado de São Paulo caracteriza-se também por abrigar Arranjos Produtivos Locais (APLs) de base mineral extremamente competitivos. Os APLs são definidos como conjuntos significativos de agentes econômicos, políticos e sociais localizados em um mesmo território, que desenvolvem atividades econômicas correlatas e apresentam vínculos expressivos de produção, interação, cooperação e aprendizagem. Os APLs de Base Mineral compreendem os empreendimentos e indivíduos que atuam em torno de uma cadeia produtiva que tenha como base a atividade extrativa e de transformação mineral.

O APL paulista mais representativo é o de Santa Gertrudes, que engloba também os municípios de Araras, Charqueada, Cordeirópolis, Leme, Limeira, Piracicaba, Rio Claro e Santa Cruz da Conceição. O APL envolve mineração, indústrias cerâmicas, comércio, fornecedores de insumos, máquinas e equipamentos e instituições de ensino e pesquisa.

#### NOTAS

---

1. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Anuário mineral estadual – São Paulo 2015 – ano base 2014*. Brasília: DNPM, 2016. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/analisis-anuario-mineral-estadual/anuario-mineral-estadual-sao-paulo-2015-ano-base-2014>>.
2. APEPAC – Associação Paulista das Empresas Produtores de Agregados para Construção. Dados setoriais fornecidos para esta publicação. 2016.



## Capítulo 3.1

# AGREGADOS

Os agregados minerais – grupo de minerais formado a partir de diversas origens – são compostos por rochas com características tecnológicas adequadas para a produção de pedra britada e subprodutos, juntamente com areias de diversas origens – são as substâncias minerais mais consumidas no mundo, de maior quantidade de produção no país (maior que o minério de ferro, principal *commodity* brasileira). Constituem o mais expressivo grupo de bens minerais produzidos e consumidos no Estado de São Paulo.

O termo agregado deriva do fato de a areia e a pedra britada serem utilizadas para fabricação de produtos resistentes, mediante a mistura com materiais aglomerantes de ativação hidráulica ou com ligantes betuminosos e, dessa forma, serem unidos, respectivamente, ao cimento para a fabricação do concreto e ao betume e derivados para formar o asfalto. Também se enquadram nessa definição os materiais granulares rochosos, usados na construção em geral, com destaque para pavimentos com ou sem adição de elementos ativos, lastro de ferrovias, enrocamento para proteção à erosão hidráulica em estruturas de barragens e reservatórios.

Suas características são bastante diferenciadas em relação aos outros setores da mineração, destacando-se:

- *Produção requerida em grandes volumes, para atendimento de sua alta demanda;*
- *Grande disponibilidade de matéria-prima, ocasionando baixo valor/preço unitário e forte dependência logística, com a necessidade de proximidade da produção e o mercado consumidor;*
- *Beneficiamento simples, com etapas de redução de tamanho (britagem, em diversos estágios) e classificação;*
- *Presente na grande maioria das cidades paulistas, em todas as regiões, destacadamente em áreas urbanas.*

Os agregados são utilizados na cadeia da indústria da construção ou incorporados a diversos produtos, a partir das matérias-primas brutas ou beneficiadas, e apresentam vital importância para os setores de infraestrutura e habitação.

Embu

## Histórico

---

A história da mineração de agregados no Estado de São Paulo coincide com a própria fixação da população em suas terras – com o estabelecimento das atividades agrícolas e industriais – em operações rústicas, isoladas e pontuais de retirada de materiais úteis à construção, em pequena escala.

Com a criação do Código de Mineração em 1937, tem início a formalização da atividade extrativa da capital e de cercanias por meio do estabelecimento de empresas de mineração como parte integrante das construtoras, principais demandantes de matérias-primas minerais naquele momento.

Com o declínio da oferta às margens dos rios Pinheiros e Tietê, ausência de planejamento do abastecimento de insumos minerais e consequente aumento da urbanização, a produção de areia migrou para a região do Vale do Paraíba, que iniciou sua contribuição para o abastecimento de areia para a capital paulista no final da década de 40, com as primeiras minerações localizadas no município de Jacareí. Outro fator de fomento foi a inauguração da Rodovia Presidente Dutra. Neste período, até a década de 60, a mineração ocorria em bancos de areia do leito do rio Paraíba do Sul, com equipamentos manuais, quando então incrementou-se tecnologicamente, ampliando a produção para outros municípios e formas de ocorrência. As pedreiras também sofreram muitas restrições, permanecendo ainda poucas unidades produtivas próximas à capital paulista.

## Origem das matérias-primas

---

Os agregados minerais são obtidos de materiais rochosos variados, consolidados ou granulares, inertes, fragmentados naturalmente ou por processo industrial. Podem ser oriundos de rochas (sãs e mantos de alteração):

- *Sedimentares – arenitos e siltitos, sedimentos inconsolidados;*
- *Metamórficas – quartzitos, calcários e gnaisses;*
- *Ígneas – granitos, sienitos, basaltos e diabásios.*

A brita ou **pedra britada** pode ser constituída de vários tipos de materiais rochosos disponíveis nos locais de extração. Após desmonte por explosivos, britagem e classificação granulométrica, pode ser usada in natura, ou misturada com outros insumos (cimento, asfalto, areia etc.). No Estado de São Paulo, há predominância de pedras britadas gnáissicas, graníticas e calcárias na região que compreende o embasamento cristalino, na porção leste, e rochas basálticas na região oeste, em rochas da Bacia do Paraná.

### Principais produtos de pedras britadas

- Pó de Pedra
- Areia de Brita
- Pedrisco
- Pedra 1, 2, 3, 4
- Brita Graduada
- Bica Corrida
- Rachão



A **areia** é constituída, predominantemente, por quartzo de granulação fina e pode ser obtida a partir de depósitos associados aos principais leitos de rios e planícies aluviais (sedimentos inconsolidados quaternários), rochas sedimentares e mantos de alteração de rochas cristalinas. O termo areia é definido pela ABNT<sup>1</sup> como agregado miúdo originado através de processos naturais ou artificiais de desintegração de rochas, ou proveniente de processos industriais:

- *Areia natural* – resultante de ação de agentes da natureza;
- *Areia artificial* – proveniente de processos industriais (ex.: escória de alto forno);
- *Areia reciclada* – proveniente de processos de reciclagem (ex.: construção e demolição);
- *Areia de britagem* – proveniente do processo de britagem e classificação da fração fina.

As estatísticas oficiais do DNPM incluem na classificação dos agregados o saibro, definido pela ABNT como material ou solos provenientes de alteração de rochas quartzo-feldspáticas (granitos e gnaisses), com minerais parcialmente decompostos, sendo arenosos ou siltosos, com baixo teor de argila e de cor variada<sup>2</sup>. As jazidas de saibro ocorrem principalmente entre o solo e a rocha matriz ainda não intemperizada, e são muito utilizados em argamassas de assentamento e revestimento e em aterros de obras de pavimentação e construção.

Areias e rochas britadas são facilmente encontradas na natureza e, por isso, consideradas recursos minerais abundantes, devido à grande variedade de litotipos que podem ser utilizados como matérias-primas. A areia natural advém de processos intempéricos seguidos ou não de outros processos do ciclo das rochas, como erosão, transporte e deposição que se estabelecem de maneira constante, em todo o planeta. Sua escassez ocorre local ou regionalmente, quando a demanda por esse material é muito alta, o que acontece tipicamente em grandes aglomerados urbanos, como regiões metropolitanas. A Região Metropolitana de São Paulo é um exemplo bastante conhecido de escassez deste bem mineral, com a areia sendo trazida de regiões vizinhas, com custos de transporte crescentes<sup>3</sup>. As rochas para brita também são abundantes devido à grande variedade de litotipos que podem ser utilizados como matérias-primas.

Apesar da relativa abundância em reservas minerais, as características de mercado contrapostas aos usos competitivos do solo, ao inadequado planejamento urbano e às diversas restrições para seu aproveitamento (de ordem ambiental, institucional, entre outras), resultam em uma desfavorável relação entre custo e benefício, levando à inviabilização e, por vezes, causando a esterilização de jazidas de ótima qualidade, quantidade e localização.

A dispersão geográfica das minerações é uma das características peculiares, uma vez que o custo do frete é fator determinante para a máxima distância em que o produto mineral pode chegar ao consumidor com custo/benefício adequado. Todas as regiões do estado possuem jazidas de areia e pedras britadas.

#### **Principais produtos de areia**

- Areia grossa
- Areia média
- Areia fina



## Etapas do processo produtivo

Duas denominações de minerações típicas para produção de agregados para a indústria da construção são comumente utilizadas: pedreiras para a produção de brita e portos de areia. Estes referem-se à designação generalizada em função da origem da atividade ter se dado, primordialmente, na beira dos de rios, mas que não se ajusta mais ao *status quo* atual da atividade, que é provida em outros tipos de depósitos naturais. Os processos produtivos distinguem-se pelo tipo de ocorrência geológica / depósitos minerais, conforme a tabela a seguir:

**Tabela 1: Métodos de lavra, tipos de depósitos minerais e configuração geográfica das minerações de agregados**

Substância	Depósitos Minerais	Método de Lavra	Configuração
Areia	Sedimentos inconsolidados, planícies fluviais, coberturas sedimentares	Dragagem	Leito de rio e reservatórios Cava submersa
	Rochas sedimentares	Desmorte hidráulico	Várzea Cava seca
	Mantos de alteração de rochas	Desmorte mecânico e lavagem	Meia encosta
Rocha	Granitos, gnaisses, calcários, diabásios, basaltos	Desmorte por explosivos	Meia encosta Cava
Saibro	Solos	Desmorte mecânico Escarificação	

Fonte: adaptado de CUCHIERATO (2000)<sup>4</sup>

O mercado pode também absorver produção de outros setores da mineração, dos quais os agregados são obtidos como subprodutos da atividade principal. No caso da areia, a origem pode ser o produtor de areia industrial, geralmente destinada às indústrias vidreira e metalúrgica. No caso da brita, pode ser o produtor de rocha calcária usada nas indústrias de cimento e cal ou para fins agrícolas, ou mesmo rochas encaixantes de outros tipos de mineralizações. Nesses casos, uma parcela da produção pode não atingir os padrões de qualidade para os usos citados e é destinada a um uso que requer especificação menos rígida. Outro material que também encontra mercado é o Resíduo de Construção e Demolição (RCD), para aplicações que não requerem especificações tecnológicas mais rigorosas.

## Rochas para brita

**Lavra e beneficiamento:** a lavra de rocha para produção de brita é feita a céu aberto, em meia encosta ou abaixo do nível topográfico geral, sem drenagem natural. As operações se iniciam com etapas de planejamento da lavra e preparação do local, retirada de material estéril, cobertura e decapeamento. Incluem todas as operações unitárias típicas de Engenharia de Minas, constituídas de perfuração, desmorte (com explosivos), carregamento e transporte até a britagem primária. A lavra é desenvolvida em forma de bancadas, patamares constituídos na rocha, nos quais se dá o início das operações com a perfuração da rocha.



Após a detonação com explosivos realiza-se o carregamento dos fragmentos rochosos desmontados, com escavadeiras ou pás-carregadeiras, até a caixa de recepção junto à britagem primária.

As operações de beneficiamento são essencialmente mecânicas compostas por britagens e classificações granulométricas sucessivas da rocha. As etapas primárias e secundárias de britagem podem ser realizadas a seco ou a úmido, opção esta utilizada considerando limitações de emissões de poeira no ambiente. O transporte de brita na planta de beneficiamento é feito, normalmente, por um sistema de correias transportadoras. A classificação da rocha fragmentada é feita em peneiras vibratórias, com telas de aço ou borracha, em decks e posterior deposição em pilhas na área de beneficiamento ou em silos que permitem o carregamento direto em caminhões destinados ao mercado consumidor.

A expedição dos produtos é mecanizada ou automatizada e o transporte para os consumidores é exclusivamente rodoviário.

## Areia

---

**Lavra e beneficiamento:** o processo de lavra de areia varia de acordo com o tipo de depósito mineral e da tecnologia utilizada:

- **Dragagem em leito de rios e reservatórios** – a extração em leito de rio consiste na limpeza dos sedimentos existentes, em profundidades não muito elevadas. As dragas podem ser estacionárias (sem propulsão) ou tipo *hoper* (auto propelidas). A dragagem é feita através de bombas de sucção instaladas sobre barcaças ou flutuadores e acopladas às tubulações que transportam areia na forma de polpa até os locais de beneficiamento.
- **Dragagem em cava submersa** – a extração é feita através da desagregação na base e nas paredes laterais de uma cava preenchida com água, sendo realizada por draga instalada sobre um barco e equipada com bombas centrífugas. Essa cava geralmente é estabelecida em áreas de várzea onde estão presentes sedimentos inconsolidados. Nesse processo extrativo faz-se a abertura inicial da cava e a partir do momento que o nível do lençol freático é atingido, introduz-se a draga de sucção, que conduz a areia e o cascalho até os pátios de beneficiamento/estocagem. A água e as partículas finas oriundas do processo de lavagem da areia são direcionadas para uma bacia de decantação e depois voltam à própria cava, caracterizando o circuito hidráulico fechado e não ligado diretamente aos cursos d'água.
- **Desmante mecânico em cava seca em várzeas** – a extração da areia é feita com escavadeiras e o transporte por caminhões ou correias transportadoras, a seco, até a unidade de lavagem/classificação, onde há um conjunto de peneiras que recebe a areia bruta e onde se dá a injeção de água sob pressão; depois de lavada e classificada a areia segue para hidrociclones ou para peneiras desaguadoras e, então, é encaminhada para o sistema de armazenagem que pode ser em pilhas a céu aberto ou silos. A extração do minério pelo método da cava seca em várzea depende da retirada temporária da água do lençol freático da área em lavra através de bombeamento. Essa água é utilizada no próprio sistema de lavagem da areia, nas peneiras de lavagem/classificação do minério, e, em caso de excesso, pode ser encaminhada para porções já lavradas da jazida, onde irão se formar lagos oriundos da extração.
- **Desmante hidráulico/desmante mecânico em meia encosta/cava seca** – o decapeamento antecede a operação e, geralmente, é feito com tratores de esteiras e pás-carregadeiras, dependendo da compactação do capeamento, com o material originado do decapeamento da jazida estocado no perímetro das minas, objetivando seu uso futuro para a construção de aterros e a camada de solo orgânico armazenada para uso nos projetos de recuperação da área minerada. De acordo com a configuração, situação topográfica e lençol freático, os métodos de lavra podem variar entre desmante hidráulico e/ou desmante mecânico.



Pirâmide

No **desmonte hidráulico**, a extração é feita com a mina evoluindo para uma cava no formato de anfiteatro. Consiste na desagregação da areia utilizando-se jatos d'água de alta pressão que incidem na base dos taludes da cava provocando desmoronamento dos sedimentos ou rochas alteradas. Outra operação de jateamento sobre o material desmoronado promove a desagregação dos sedimentos ou rochas e forma a polpa (suspensão constituída por material sólido e água), que desce por gravidade até uma pequena bacia de acumulação.

O **desmonte mecânico** promove a extração da areia em cava seca, através de escavadeiras mecânicas e hidráulicas, com o transporte do minério bruto a seco até a unidade de lavagem/classificação. Em depósitos homogêneos e de maior extensão horizontal, a lavra pode ser feita em tiras (*stripping mining*).

O beneficiamento da areia é um processo bastante simples e depende apenas das características da jazida e da necessidade de classificação do minério. O método é baseado em classificação por sistemas de peneiras vibratórias, *trommel*, silos de decantação, desaguadores e hidrociclones, que separam granulometricamente as frações interessantes aos setores de aplicação.

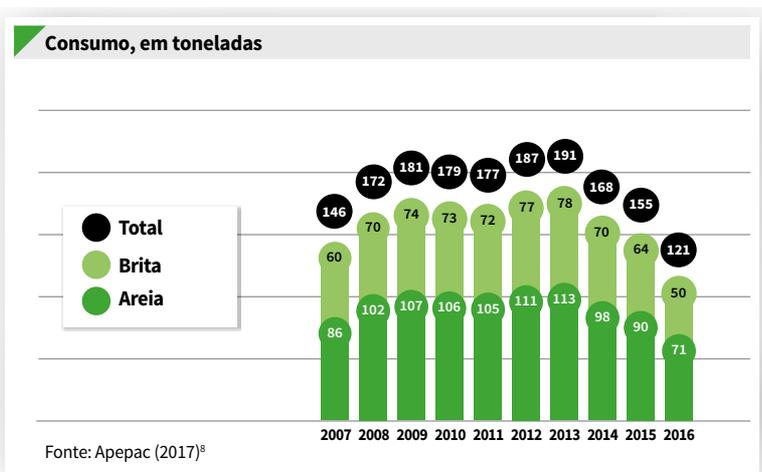
O estoque e armazenamento da areia são feitos, geralmente, em pilhas a céu aberto.

O escoamento da produção de agregados ocorre por grandes rodovias, como Bandeirantes, Castelo Branco, Dutra, Régis Bittencourt, e estes atingem mercados que, em outros países, seriam considerados como inviáveis em razão da distância, já que para ter uma boa relação custo/benefício não poderia ultrapassar os 50 km. Poucos empreendimentos do Vale do Paraíba levam areia para a capital paulista pela ferrovia, com recepção e distribuição em terminais dedicados para produtos minerais. Em passado recente também foi realizado transporte ferroviário de areia da região de Bofete/Anhembi para a capital paulista.

Os agregados estão no topo do ranking da Produção Mineral Brasileira: em 1º lugar em quantidade e 2º lugar em valor (excetuando os minerais energéticos). A produção nacional em 2014 foi de 741 milhões de toneladas e faturamento de R\$ 19 bilhões<sup>5</sup>. São Paulo é o estado brasileiro com maior produção de agregados, concentrando, em 2013, 23% do total nacional da produção de areia e 27% da produção de pedras britadas<sup>6</sup>. No Ano de 2016, a produção nacional foi de 416 milhões de toneladas, sendo o Estado de São Paulo responsável por 121 milhões de toneladas<sup>7</sup>.

O consumo total de agregados no estado pode ser visto no gráfico a seguir, com valores apresentados pela Associação Paulista de Entidades de Produtores de Agregados para Construção (Apepac).

**Gráfico 1: Evolução do consumo de agregados no Estado de São Paulo**



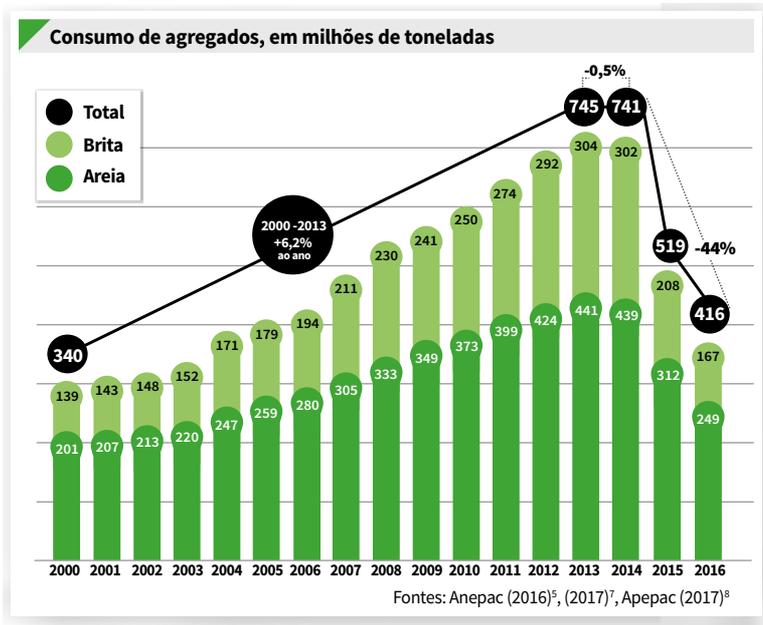
Já a capacidade instalada, que representa o potencial da produção do setor paulista – com base nos recursos de que dispõe, que incluem equipamentos produtivos, instalações, mão de obra, conhecimento, tecnologia e estoque – está em:

**Tabela 2: Capacidade instalada da indústria de agregados paulista**

Areia	Brita	Agregados
115.000.000	103.000.000	218.000.000

Fonte: Apepac (2017)<sup>8</sup>

A Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção (Anepac) apresenta a evolução do consumo de agregados no Brasil, conforme indicado no gráfico 2.



**Gráfico 2:**  
Evolução do consumo de agregados no Brasil

A Anepac indica que a demanda nacional por areia e brita atingiu em 2013 o recorde histórico de 745 milhões de toneladas; e decresceu 0,5% em 2014, totalizando 741 milhões de toneladas. Em 2015, registrou um montante de 519 milhões de toneladas, com queda expressiva de 30%. Em 2016, houve outra queda de 20%, com demanda da ordem de 416 milhões de toneladas. Em 3 anos houve uma redução de cerca de 44%, retrocesso aos níveis que ocorriam no mercado em 2005/2006. A recuperação aos níveis de demanda de 2013/2014 poderá levar ao menos uma década.

### Uso e mercado consumidor

Os agregados são amplamente utilizados em toda a cadeia produtiva da construção, maior setor industrial do Estado de São Paulo. A tabela seguinte apresenta os principais segmentos consumidores:

Mineração	Mistura*	Segmento	Finalidade
Agregados	Cimento (65-80%)	Concreteiras Pré-fabricados Argamassas Construtoras Revendedores	Edificações: Residenciais Comerciais Industriais Públicas
	Asfalto (15-30%)	Pavimentadoras/Prefeituras	
	In natura (5%)	Gabião - Lastro Enrocamento Pisos e revestimentos Agricultura	Infraestrutura

\* as porcentagens das misturas referem-se à participação de consumo no destino industrial

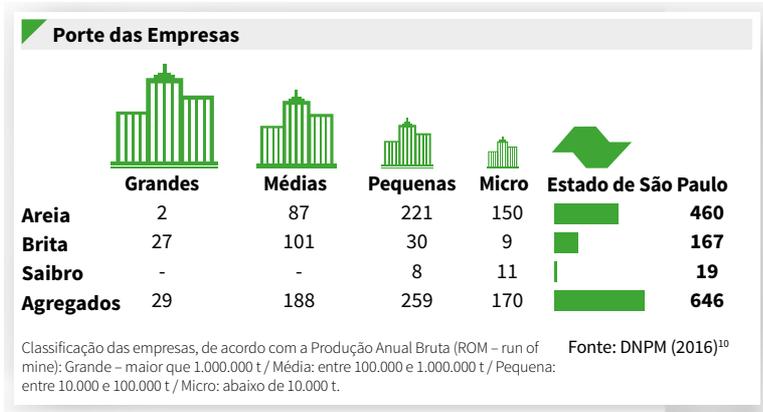
Fonte: Anepac (2016)<sup>9</sup>

**Tabela 3:**  
Cadeia produtiva do setor de agregados

## Desempenho econômico setorial

O mercado paulista desses produtos é atendido por uma ampla e diversificada gama de produtores, envolvendo 646 empreendimentos mineiros.

**Figura 1: Porte das empresas de agregados em 2014**



O setor apresenta a seguinte evolução do desempenho:

**Tabela 4: Evolução do desempenho do setor de agregados**

Passado	Presente	Futuro
Mercado com predominância de empresas familiares	início da consolidação em alguns mercados	Foco em estratégia, principalmente comercial
Baixa concentração	Concentração em alguns grupos nacionais	Consolidação de mercados
Reduzida verticalização	Foco na verticalização	Automação de plantas
Gargalos nos processos produtivos	Melhorias no processo produtivo	Expansão dos processos produtivos, com oferta diversificada e customizada dos produtos
Baixo treinamento / capacitação	Implantação de programas de capacitação e treinamento	Ampliação dos programas/ disponibilidade de profissionais qualificados
Baixa produtividade	Melhoria na produtividade-deresultados operacionais	Elevado nível de produtividade
Ações ambientais passivas e pontuais	Legitimação da questão ambiental	Maior grau de complexidade/dificuldade na outorga de licenças
SST com atendimento básico	implantação de programas estruturados	Excelência em SST
Nível incipiente de governança corporativa	Avanços significativos em governança corporativa	Governança corporativa consolidada

Fonte: Valverde (2016)<sup>11</sup>

## Responsabilidade socioambiental

O setor de agregados – como toda atividade de mineração – tem em suas atribuições o dever de planejar a atividade desde a pesquisa mineral até a recuperação da área depois de exaurida a jazida. No caso das operações mineiras de areia e brita, localizadas perto de trechos urbanos, faz-se ainda mais importante a reabilitação de áreas para utilização da sociedade. Trata-se, portanto, de um setor com grande



InacioLuc / Shutterstock.com



Filipe Frazão / Shutterstock.com



Daniel Ducci / Shutterstock.com

responsabilidade socioambiental, decorrente de exigências legais, mas com conscientização de seu compromisso com o meio ambiente e com a população. Reinsere a área então ocupada pela mineração no contexto local de uso do solo é indispensável no final da vida útil do empreendimento. Mais do que atender os compromissos sócio-econômicos e ambientais, trata-se da adoção da forma adequada de encerramento da atividade, parte final do projeto de aproveitamento econômico da jazida.

Exemplos dessa responsabilidade exigível do aproveitamento são algumas áreas no estado que já abrigaram minerações de areia ou pedreiras e hoje são verdadeiros cartões-postais, como o Parque do Ibirapuera, a Raia Olímpica da USP e o Parque Villa-Lobos, dentre outros.

Os novos ambientes, resultantes dos processos de lavra, recuperação das áreas mineradas, formação de lagos e reflorestamento de espécies nativas podem integrar-se harmoniosamente com a paisagem e o ambiente de seu entorno.



Existem diversas formas de uso de antigas áreas de mineração, tais como:

- *Reservatório de água para irrigação* - Diversos agricultores têm utilizado os lagos formados pelas cavas exauridas da mineração de areia para bombeamento de água para as culturas nas glebas vizinhas às áreas mineradas, especialmente para a cultura de arroz irrigado, como acontece na região do Vale do Paraíba.
- *Piscicultura* - As cavas exauridas da mineração de areia também têm sido utilizadas para criação de peixes. Com essa nova atividade econômica sucedendo a mineração é possível continuar gerando emprego e renda nos locais onde a mineração propriamente dita já foi encerrada.
- *Aproveitamento imobiliário* - Em áreas de antigas minerações existem projetos para aproveitamento do local para condomínio residencial e também iniciativas para construção de hotéis, sendo que em ambos os casos os lagos formados pelas antigas cavas de areia integram o projeto paisagístico definido para os empreendimentos imobiliários.
- *Disposição de resíduos da construção e demolição (RCD)* - A utilização de antigas cavas para disposição de resíduos inertes de construção já é realidade em alguns locais, como na Região Metropolitana de São Paulo, principalmente na Zona Leste. Antigas cavas de mineração podem ser licenciadas para aterros de construção e resíduos inertes, após aprovação dos órgãos competentes. Para isso, faz-se necessária seleção do material a ser disposto, de acordo com o que estabelece a legislação em vigor, evitando com isso a contaminação do solo e dos aquíferos.
- *Área para abrigo de fauna silvestre* - As áreas exauridas de mineração e seu entorno, quando devidamente recuperadas, tornam-se um ambiente propício para o abrigo de diversas espécies da fauna silvestre, incluindo mamíferos, répteis, aves e insetos, além dos microorganismos que acabam por fazer parte de um novo ecossistema que ali foi criado.
- *Piscinões* - Utilização do espaço como reservatórios de contenção temporária de águas pluviais para controle de enchentes/inundações.

Entre os projetos executados em concomitância com a operação mineira no estado, observam-se:

- Criação e manutenção de mudas frutíferas e espécies nativas que podem ser doadas;
- Projetos de visitação às minerações;
- Institutos de Sustentabilidade - visam conscientização e preservação do meio ambiente;
- Preservação da avifauna que habita os campos de mineração;
- Manutenção de áreas verdes.



f11photo / Shutterstock.com

## NOTAS

---

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 7211: agregados para concreto – especificação*. Rio de Janeiro, maio, 2009.  
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 9935: agregados – terminologia*. Rio de Janeiro, fev. 2011.
2. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 13529: revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – terminologia*. Rio de Janeiro, ago. 2013.
3. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Areia para construção*. Brasília: DNPM, p. 33-34, 2014. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014>>.
4. CUCHIERATO, G. *Caracterização tecnológica de resíduos da mineração de agregados da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), visando seu aproveitamento econômico*. 2000. 201 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000.
5. ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção. *O mercado de agregados no Brasil*. 2016. Disponível em: <[http://www.anepac.org.br/agregados/mercado/item/download/69\\_04062b071b7171f3481b7a0e8f36f5ac](http://www.anepac.org.br/agregados/mercado/item/download/69_04062b071b7171f3481b7a0e8f36f5ac)>.
6. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Areia para construção: sumário mineral 2014*. Brasília: DNPM, 2014. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/areia-construcao-sumario-mineral-2014>>.  
BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Brita e cascalho: sumário mineral 2014*. Brasília: DNPM, 2014. Disponível em: <[http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/brita-e-cascalho-sumario-mineral-2014/@download/file/BRITA\\_E\\_CASCALHO\\_2013.pdf](http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/brita-e-cascalho-sumario-mineral-2014/@download/file/BRITA_E_CASCALHO_2013.pdf)>.
7. ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção. Dados setoriais fornecidos para esta publicação. 2017.
8. APEPAC – Associação Paulista das Empresas Produtores de Agregados para Construção. Dados setoriais fornecidos para esta publicação. 2017.
9. ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção. *Perspectivas para o setor de agregados*. 2016. Disponível em: <<http://www.anepac.org.br/agregados/mercado/item/101-perspectivas-para-o-setor-de-agregados>>.
10. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Anuário mineral estadual – São Paulo 2015 – ano base 2014*. Brasília: DNPM, 2016. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral-estadual/anuario-mineral-estadual-sao-paulo-2015-ano-base-2014>>.
11. VALVERDE, F. Cenários da mineração de agregados. 2016. In: FÓRUM MINERAÇÃO DE AGREGADOS, 1., 2016, Porto Alegre. *Anais...* Disponível em: <<http://sindibritas.com.br/home/wp-content/uploads/2016/09/Palestra-Fernando-Valverde-RS.pdf>>.

# CASES

## **PRÊMIO FIESP/CIESP DE CONSERVAÇÃO E REUSO DE ÁGUA**

A Pirâmide Extração e Comércio de Areia Ltda. conquistou, em 2013, o 8º Prêmio Fiesp/Ciesp de Conservação e Reuso de Água, na categoria micro e pequena empresa. O projeto premiado foi implantado na unidade Porto Seguro, localizada em Registro, Vale do Ribeira. O objetivo foi reaproveitar a água do beneficiamento de areia, com retorno ao circuito livre de materiais orgânicos, particulados, argilas ou outros contaminantes, através da implantação de valas de decantação de 300m antes do decantador final. Após esse percurso, a água já está em condições de retorno, com praticamente 100% dos contaminantes sedimentados. Com essas medidas, a Pirâmide diminuiu de 5 para 3 as bombas de captação de água do rio, reduzindo a captação de 577m<sup>3</sup>/h para 259,65m<sup>3</sup>/h.

## **PROJETO REFLORESTE – Valor ambiental e riqueza social**

A Embu S.A. desenvolve, por meio do Instituto Embu de Sustentabilidade (IES), projetos ambientais que contribuem para a preservação do meio ambiente e com a sustentabilidade, e mantém 2,6 milhões de m<sup>2</sup> de áreas preservadas em reservas ambientais no entorno de suas unidades. O Projeto "Refloreste" visa capacitar a população local em atividades de restauração ecológica e educação ambiental, na Serra do Itapeti, em Mogi das Cruzes, região sob proteção ambiental, com bacias hidrográficas de vital importância para o estado. As mudas e os insumos do viveiro serão produzidos dentro do conceito de sustentabilidade ambiental, econômica e social, com recursos locais, pessoas da região e processos simples, o que possibilita maior economia, com plantas nativas da Mata Atlântica para a restauração de ecossistemas naturais e urbanos. Além disso, o Refloreste contribuirá para a formação de Corredores Ecológicos, garantindo a manutenção dos processos ecológicos nas áreas de conexão entre a Unidade de Conservação Estação Ecológica do Itapeti, Serra do Itapeti e a APA (Área de Proteção Ambiental) Várzea do Rio Tietê, permitindo, assim, a dispersão de espécies entre as áreas isoladas e garantindo a troca genética entre as espécies.

## **PROJETO CIDADÃO DO FUTURO**

O Grupo AB Areias, sediado no Vale do Paraíba, abre suas áreas de mineração para a visitação de escolas públicas e privadas, universitários e grupos organizados das comunidades, promovendo palestras ao ar livre, oficinas, trilhas e plantios monitorados. O projeto tem levado, em média, 300 visitantes por ano às minerações do grupo, em Pindamonhangaba e Roseira. As atividades de educação ambiental incentivam o contato com a natureza e destacam a importância da mineração para a sociedade e dos projetos de recuperação e usos futuros das áreas mineradas.



Pirâmide

### **PROJETO VIVA RIBEIRA**

Empresas associadas à Amavales desenvolvem ações em educação ambiental e concessão de bolsas de estudo voltadas para a recuperação ambiental do Rio Ribeira de Iguape e para a valorização social da região, com visitas monitoradas de estudantes e plantios sistemáticos de espécies nativas nas áreas de proteção permanente e matas ciliares. Também é feito monitoramento das áreas revegetadas nos empreendimentos, instalações e barcos de dragagem, a fim de avaliar o cumprimento da legislação no que diz respeito à segurança do trabalho e do meio ambiente. Atualmente, a Amavales desenvolve um projeto de avaliação da ictiofauna do Rio Ribeira, em parceria com a Universidade Estadual Paulista (Unesp) – Campus de Registro.

### **PROJETO ABARÉ EM AÇÃO**

A Itaquareia Indústria Extrativa de Minérios, Pedreira Sargon e Mineradora Pedrix desenvolvem, através do Instituto Abaré Socioambiental, diversos projetos com foco em meio ambiente e sociedade, por meio da educação ambiental. O Projeto “Abaré em Ação” destaca-se como um programa de caráter social realizado para fortalecimento da cidadania, com oferta de serviços nas áreas de educação, saúde, lazer, cultura e cidadania para as comunidades do entorno. As mobilizações também promovem a emissão de documentos e orientações diversas. Durante todo o ano está ativo o Projeto “Abaré Ensina”, com atividades geradoras de conhecimento, oficinas de artesanato, culturais, esportivas e de inclusão digital, possibilitando a cerca de 400 jovens a transformação e crescimento pessoal, excluindo-os da ociosidade das ruas.



## Capítulo 3.2

# ÁGUAS MINERAIS

São classificadas conforme as propriedades físicas ou físico-químicas inerentes às fontes, distintas das águas comuns, respeitando os limites estabelecidos pela legislação vigente (Código de Águas Minerais).

### Histórico

A história do setor de águas minerais começa quando o médico italiano e ex-secretário da Saúde de Milão Francisco Tozzi aceitou o convite de um amigo, pároco da cidade de Socorro, para vir morar no Brasil. Em 1900, aos 30 anos, Dr. Tozzi chegou a Socorro e nove anos depois soube de uma história de cura de eczema de pele com o uso das águas que jorravam a 28 graus de um morro denominado “Águas Quentes”. Após mandar analisar aquela água e confirmar suas propriedades curativas, Dr. Tozzi comprou as terras ao redor das fontes e iniciou, em 1910, a construção das Thermas de Lindoia<sup>1</sup>. As histórias de cura realizadas ali atraíram cada vez mais pessoas de todo o país e propiciaram o início do engarrafamento de água mineral, em 1916.

O trabalho do Dr. Tozzi atraiu a atenção de Madame Curie, Prêmio Nobel de Química, que realizava pesquisas na França sobre radioatividade. A cientista veio ao Brasil em 1928, visitou Thermas de Lindoia, e descobriu que a água mineral de Águas de Lindoia atingia 3.179 mches na escala radioativa, contra 185 das famosas fontes de Jachimou na Tchecoslováquia e 155 das fontes de Bad Gastein, na Áustria. A radioatividade natural da água é extremamente benéfica para o organismo, e Águas de Lindoia possui, comprovadamente, a água mineral de maior radioatividade em todo o planeta.

A partir desta época, outros municípios paulistas iniciaram a produção e engarrafamento de água mineral. Em 1945, o presidente da República Getúlio Vargas assinou o Decreto-Lei nº 7.841, publicado no Diário Oficial da União (DOU) de 20 de agosto, conhecido como “Código de Águas Minerais”, padronizando o aproveitamento das águas minerais brasileiras utilizadas em balneários ou para comercialização por meio do engarrafamento.

Shutterstock.com

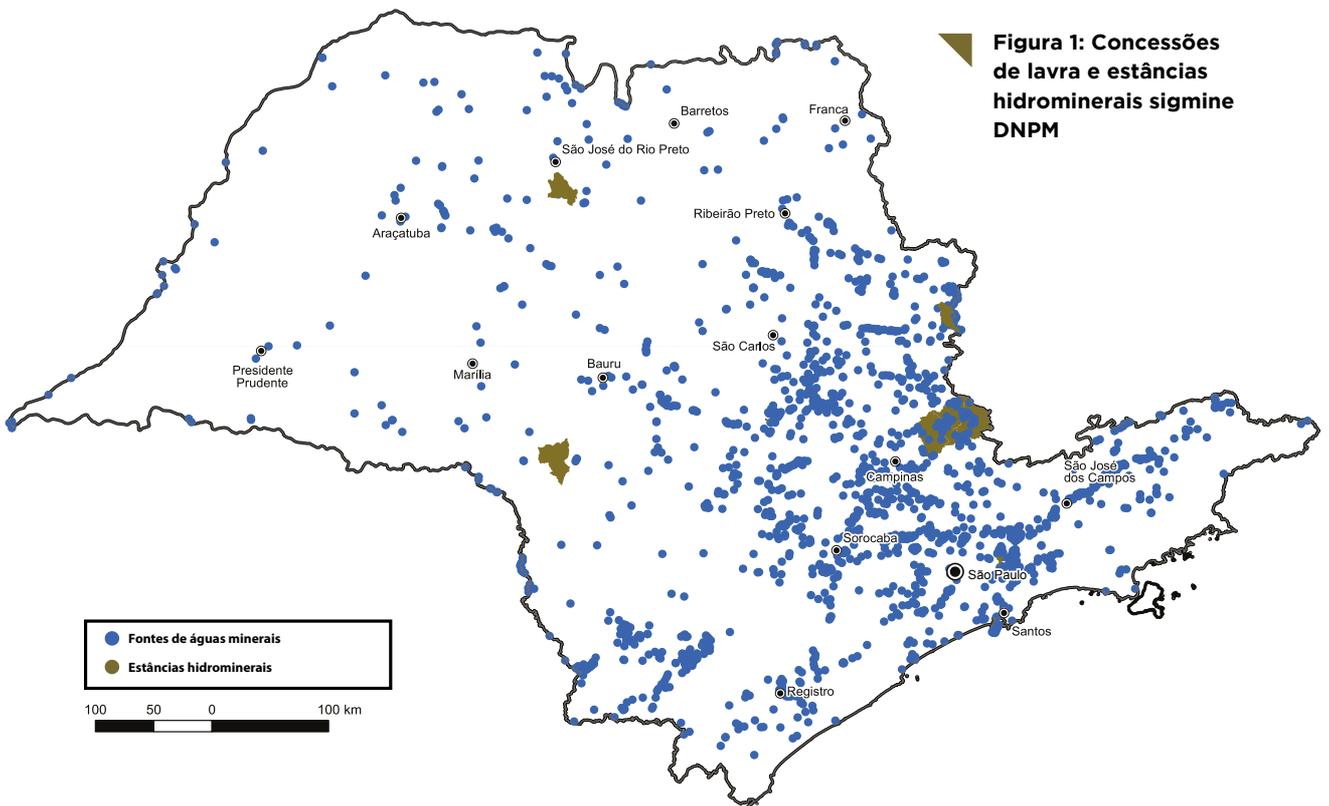
## Origem das matérias-primas

A água mineral ou potável de mesa é obtida diretamente de fontes naturais ou por extração de águas subterrâneas e caracteriza-se pelo conteúdo definido e constante de sais minerais, oligoelementos e outros constituintes.

São Paulo é o estado brasileiro que detém o maior número de áreas de concentração de produção de águas minerais e potáveis de mesa, com 48 distritos hidrominerais caracterizados e mais de 70 áreas potenciais para futuros distritos. Ao todo são mais de 250 áreas de produção identificadas e distribuídas por todas as regiões do Estado, englobando apenas processos ativos (figura 1). No total, há 11 estâncias hidrominerais: Águas da Prata, Águas de Lindoia, Águas de Santa Bárbara, Águas de São Pedro, Amparo, Ibirá, Lindoia, Monte Alegre do Sul, Poá, Serra Negra e Socorro.

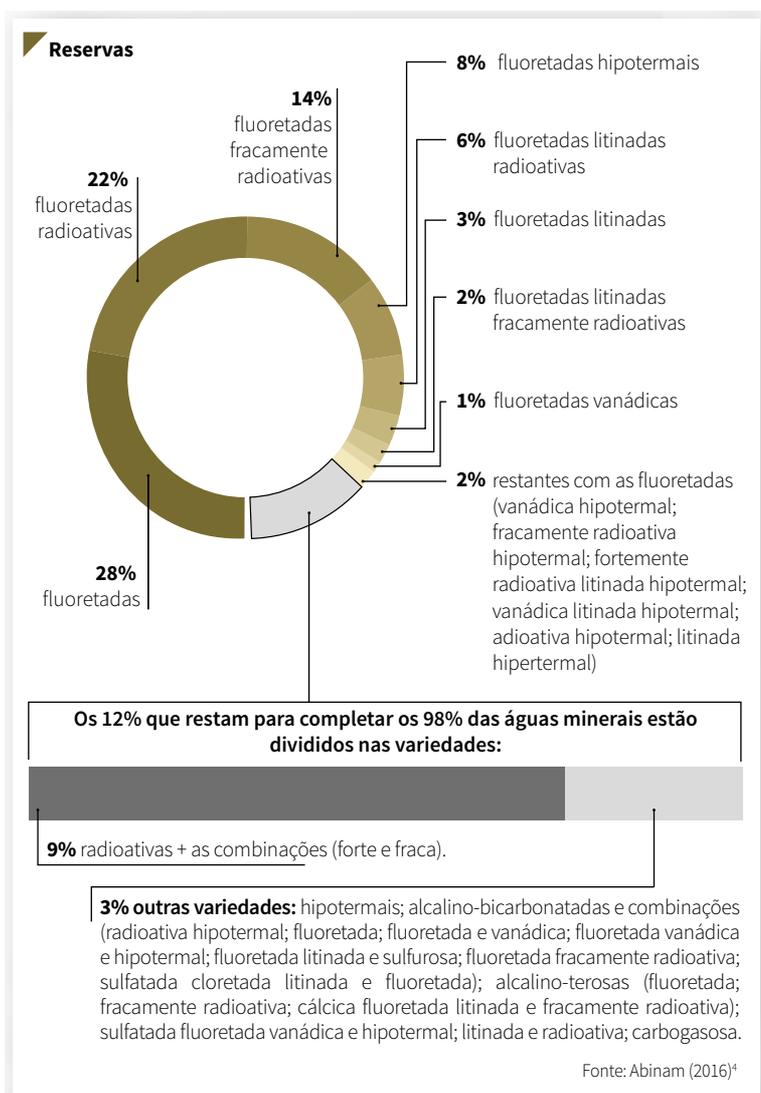
O Estado de São Paulo apresenta duas grandes províncias hidrogeológicas<sup>3</sup>:

- **Província Escudo Oriental Sudeste** (61% do território paulista) formada, predominantemente, por rochas cristalinas (granito-gnáissicas), metassedimentares / metavulcânicas (xistos, metarenitos, quartzitos, filitos) e, ainda, em menor proporção, por sedimentares (arenitos, siltitos, conglomerados, calcários). São comuns as vazões de baixo a muito baixo volume e, esporadicamente, médio volume, características típicas dos reservatórios subterrâneos esparsos, pequenos e descontínuos pertencentes aos sistemas aquíferos fissurais (82%) e, mais raramente, porosos (18%).



• **Província Paraná** (39% restantes) corresponde à porção paulista da Bacia do Paraná e é constituída por sedimentos clásticos e derrames basálticos, podendo alcançar a espessura de 7.800 metros. O aquífero mais importante é o Guarani, formado pelo arenito Botucatu, sistema aquífero poroso que na área aflorante (bordas da bacia) é livre e fornece água em poços de 100 a 200 metros de profundidade com vazões que variam de 10 a 150 m<sup>3</sup>/h. Já nas áreas cobertas pelo derrame basáltico, apresenta-se confinado. Nessas regiões os poços chegam a variar entre 300 e 2.000 metros de profundidade e podem fornecer vazões que variam de 300 a 1.000 m<sup>3</sup>/h. Outro aquífero muito importante nessa província é o Serra Geral que através de águas armazenadas e transmitidas pelas fraturas do basalto supre de água potável diversas cidades da região sul do Brasil, com o sistema aquífero do tipo fissural.

O levantamento dos processos ativos de lavra comprovou a predominância das águas minerais (98%) sobre as águas potáveis de mesa (2%)<sup>4</sup>. Destas, 86% são classificadas no grupo das minerais fluoretadas, distribuídas em diferentes variedades, conforme aponta o gráfico 1.



**Gráfico 1:**  
variedades de  
águas minerais

A extração de água mineral ou potável de mesa diferencia-se das demais indústrias extrativas minerais por diversos aspectos<sup>5</sup>, tais como:

- *Sua ocorrência é disseminada no planeta;*
- *As pesquisas geológicas são mais voltadas para a área de hidrogeologia onde clima, vegetação, permeabilidade e sistemas de fraturamento são alguns dos aspectos de base para definição da jazida;*
- *A frente de lavra é pontual: captação em surgência ou poço;*
- *Diferentemente dos demais minérios que possuem reservas finitas, a água mineral ou potável de mesa poderá ser infinita se mantidas as condições ambientais e climáticas da região e respeitada, durante o bombeamento, a recarga do aquífero;*
- *A definição da jazida exige padrões microbiológicos de qualidade para sua utilização na indústria de envase;*
- *Durante sua exploração, a presença de profissionais da área da saúde é necessária para garantir sua qualidade;*
- *Seu aproveitamento está voltado para a área de alimentos e bebidas e, em alguns casos, para a área medicamentosa. E por ser no Brasil, além de minério, um alimento, a legalização de sua indústria passa por um dos mais complexos processos burocráticos em diversos órgãos reguladores.*

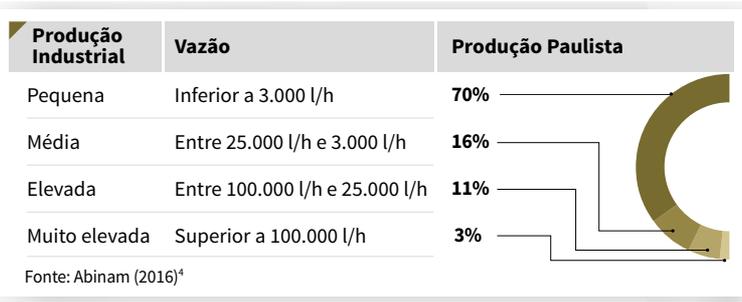
O crescimento desordenado da população em diversas cidades tem provocado o desmatamento e até mesmo a contaminação de certas fontes de água. E assim como ocorre com as pedreiras em regiões urbanas, que foram sendo aos poucos desativadas por incompatibilidade entre as duas atividades - urbana e de extração mineral -, o mesmo vem ocorrendo com algumas indústrias de água mineral instaladas em centros urbanos que por causa do crescimento populacional tiveram que ser fechadas.

### **Etapas do processo produtivo**

No Brasil, a cultura de utilização da água mineral com fins terapêuticos nas estâncias hidrominerais permaneceu até meados da década de 70, quando teve início um processo de ampliação do envase de águas minerais, não mais com a finalidade medicinal e sim com a finalidade de ingestão de um produto naturalmente potável e embalado de forma higiênica e seguro.

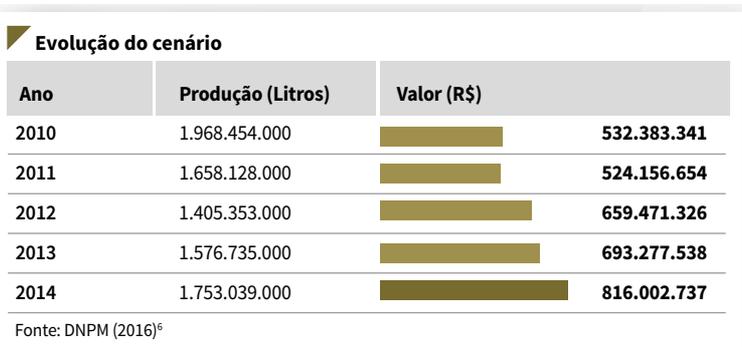
A água mineral envasada tem um valor agregado muito baixo não permitindo que ela seja transportada a longas distâncias. A única forma de transporte utilizada pela indústria é a rodoviária, daí a importância em gerir a logística da distribuição, em razão do alto valor do frete. A maioria dos pequenos empresários estabelece um raio máximo de 100 km de distância entre a indústria e seus distribuidores, enquanto as grandes empresas conseguem atingir mercados de até 800 km ou mais.

A captação das águas minerais e potáveis de mesa se dá por meio de fonte (ou surgência natural) e poço. Quando legalmente autorizados pelo DNPM para exploração de água são destinados à finalidade alimentícia (água mineral, água potável de mesa) ou à atividade de balneoterapia. As vazões são variadas e vão desde 500 l/h a 470.000 l/h, conforme distribuição da produção industrial, classificada de acordo com a vazão, como mostra o gráfico a seguir.



**Gráfico 2:**  
Distribuição da produção industrial de acordo com a vazão

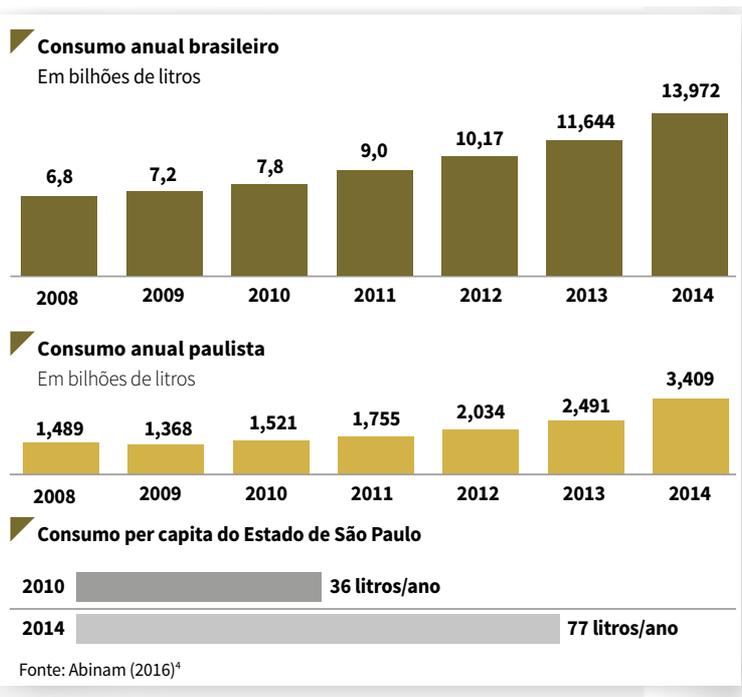
Os equipamentos utilizados na captação de água mineral são tubulações e bombas que, raramente, precisam ser substituídas. Assim, os aspectos tecnológicos mais importantes para a mineração são os equipamentos instalados para o envase da água.



**Gráfico 3:** Evolução da produção de água mineral em São Paulo

## Usos e mercado consumidor

A Associação Brasileira da Indústria de Águas Minerais (Abinam) apresenta o consumo anual brasileiro e paulista dos últimos anos:



**Gráfico 4:** Consumo ano a ano no país e no Estado de São Paulo

## Desempenho econômico setorial

---

Há uma discrepância entre o setor empresarial da água mineral no Brasil que se distingue em duas categorias<sup>5</sup>:

1. As grandes empresas nacionais e plurinacionais – com grandes investimentos em pesquisa, desenvolvimento e tecnologia;
2. As micro, pequenas e médias empresas nacionais – familiares e culturalmente adversas a investimentos em pesquisa, com expectativa da atuação do governo federal, estadual ou mesmo municipal.

Apesar da maior parte do mercado de águas engarrafadas ainda ser controlada por marcas locais nos países consumidores, permanece a tendência de consolidação mundial de quatro grandes empresas: Nestlé, Danone, Coca-Cola e PepsiCo, e sua continuada expansão para países em desenvolvimento, entre eles, o Brasil. Em 2013, oito grandes grupos e suas marcas responderam por mais de 30% da água mineral envasada declarada no país.

O Estado de São Paulo apresenta o mesmo comportamento setorial do país.

## Responsabilidade socioambiental

---

As empresas produtoras de água mineral têm como principal preocupação a preservação do meio ambiente e de seu entorno para preservar o subsolo e a fonte de suas matérias-primas. Outro grande desafio em sua atividade é a questão da embalagem.

Responsáveis por acondicionar a maior parte da produção da indústria global de águas envasadas, as garrafas feitas de resina PET subiram mais alguns degraus no ranking de reciclagem de embalagens no Brasil. Em 2012<sup>6</sup>, 294 mil toneladas de embalagens de PET pós-consumo foram recicladas no país, ou 57,1% de todas as embalagens descartadas pelos consumidores brasileiros.

O mercado têxtil continua sendo o principal destino de todo PET reciclado no Brasil. O setor responde pelo uso de aproximadamente 40% de todo o material. Em seguida ao mercado têxtil, vem dois outros setores que usam cerca de 18% do PET reciclado: embalagens e aplicações químicas. O restante é aproveitado por outros setores.



#### Principais produtos do setor

- Águas minerais
- Águas potáveis de mesa

#### NOTAS

1. PREFEITURA MUNICIPAL DE ÁGUAS DE LINDÓIA. *O município*. Disponível em: <<http://www.aguasdelindoia.sp.gov.br/cidade>>.
  2. MENTE, A. Mapa hidrogeológico do Brasil. In: FEITOSA, F. A. C. et al. (Coord.) *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM, 2008.
  3. ABINAM – Associação Brasileira da Indústria de Água Mineral. Dados setoriais fornecidos para esta publicação. jul. 2015.
  4. CAETANO, L. C. *Relatório técnico 57: perfil da água mineral*. Brasília: MME, 2009. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P31\\_RT57\\_Perfil\\_da\\_xgua\\_Mineral.pdf/a92381ad-d385-4f64-bfa6-2348795f-3d7a](http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P31_RT57_Perfil_da_xgua_Mineral.pdf/a92381ad-d385-4f64-bfa6-2348795f-3d7a)>.
  5. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Anuário mineral estadual – São Paulo 2015 – ano base 2014*. Brasília: DNPM, 2016. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral-estadual/anuario-mineral-estadual-sao-paulo-2015-ano-base-2014>>.
- BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Anuário mineral estadual – São Paulo 2015 – anos base 2010 a 2013*. Brasília: DNPM, 2016. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral-estadual/anuario-mineral-estadual-sao-paulo-anos-base-2010-a-2013>>.
6. DESTINAÇÃO correta. *Rev. Água e Vida*. ano 13, n. 74, abr. 2013 Disponível em: <<http://www.revistaaguaevida.com.br/?p=610>>.



## Capítulo 3.3

# ROCHAS CALCÁRIAS

As rochas carbonáticas – calcários e dolomitos – são amplamente utilizadas em todo território nacional. No Estado de São Paulo verifica-se a produção de rochas carbonáticas para uma grande variedade de usos, de acordo com sua composição química:

- *Fabricação de cal;*
- *Produção de cimento;*
- *Correção da acidez dos solos na agricultura;*
- *Matéria-prima para cadeia da construção (como agregados, argamassas de assentamento e revestimento, neutralizador de acidez e reforçador de propriedades físicas de misturas asfálticas, e rochas ornamentais e de revestimento);*
- *Aditivos em diversos processos químicos;*
- *Carga em diversos processos industriais;*
- *Purificação do ar e tratamento de esgotos;*
- *Refino do açúcar e outras aplicações em alimentos e produtos de higiene;*
- *Insumos para a indústria vidreira, siderúrgica, petrolífera, de papel, plásticos, tintas, refratários, abrasivos, cerâmica, saneamento/tratamento de águas, estabilização de solos, explosivos, plástico, perfumaria e muitos outros.*

### Principais produtos do setor

Os dolomitos são rochas compostas, basicamente, pelo mineral dolomita, um carbonato de cálcio e magnésio ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ).

Os calcários apresentam como principal constituinte mineralógico a calcita, um carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), podendo conter menores quantidades de matéria orgânica, silicatos, fosfatos, sulfetos, sulfatos, óxidos e outros, sendo empregado o termo “calcário” para caracterizar um grupo de rochas com mais de 50% de carbonatos.

De acordo com a classificação de rochas sedimentares (Pettijohn, 1976<sup>1</sup>), utilizada amplamente na indústria, relacionada com a porcentagem de óxido de magnésio (MgO) contido na rocha, observam-se as categorias:



Shutterstock.com

**Tabela 1:**  
**Classificação das**  
**rochas calcárias**

Denominação	% de MgO
Calcário	0 a 1,1
Calcário magnesiano	1,1 a 2,1
Calcário dolomítico	2,1 a 10,8
Dolomito calcítico	10,8 a 19,5
Dolomito	19,5 a 21,7

Fonte: Pettijohn (1976)<sup>1</sup>

No Brasil, os calcários destinados ao uso agrícola como corretivo de acidez de solos, antigamente, também eram classificados pelo Ministério da Agricultura considerando-se o teor de óxido de magnésio (MgO%) e recebendo a denominação de Calcítico (MgO≤5%), Magnesiano (5%≤MgO≤12%) e Dolomítico (MgO≥12%). Posteriormente passou a ser classificado somente como Calcítico (MgO≤5%) e Dolomítico (MgO≥5%). No entanto, esse tipo de classificação oficial foi abolido, pois causava confusão e induzia a interpretações equivocadas por parte dos produtores agrícolas. Atualmente a legislação estabelece que o calcário agrícola deve ser comercializado com base nas suas garantias registradas dos teores de CaO%, MgO%, Poder de Neutralização (em % equivalente ao CaCO<sub>3</sub>%) e PRNT% (Poder Relativo de Neutralização Total), índice que considera o grau de moagem do corretivo.

### Histórico

Calcário deriva do latim *calcarius*, significando "o que contém cal", produto mineral utilizado desde a Antiguidade. No Antigo Egito era utilizado um material feito de gesso calcinado como aglomerante. Entre os gregos e romanos, eram usados solos vulcânicos da ilha de Santorini e das proximidades de Pozzuoli, respectivamente, que endureciam depois de misturadas com água, aproveitando-se dessas propriedades pozolânicas. Em toda a Europa, os primeiros aglomerantes usados eram compostos de cal, areia e cinza vulcânica, e esse material foi utilizado em grandes obras gregas e romanas, como o Panteão e o Coliseu<sup>2</sup>.

No Brasil, estudos para aplicar os conhecimentos relativos à fabricação do cimento Portland ocorreram por volta de 1888, quando o comendador Antônio Proost Rodovalho empenhou-se em instalar uma fábrica na região de Sorocaba-SP. A usina, que produzia o cimento de marca Santo Antônio, operou até 1904, quando interrompeu suas atividades. Voltou em 1907, mas experimentou problemas de qualidade e extinguiu-se definitivamente em 1918. Em 1924 a Companhia Brasileira de Cimento Portland iniciou a implantação de uma fábrica em Perus, que pode ser considerada o marco da implantação da indústria de cimento no Brasil, com a primeira comercialização em 1926. A produção nacional foi gradativamente elevada com a implantação de novas fábricas, até o *status* atual, que compreende 13 fábricas no Estado de São Paulo.



O trigo foi um dos primeiros produtos cultivados pelas sociedades sedentárias que praticavam a agricultura e a pecuária como meios de subsistência, tendo registros históricos de seu consumo no Egito, na Babilônia e no Mediterrâneo. Com a invenção do arado pelos romanos, iniciou-se o processo de correção da acidez dos solos, com adição de cal e aplicação de calcário moído. No Estado de São Paulo, a adequação dos solos ocorreu com o conhecimento dos imigrantes europeus.

### **Origem das matérias-primas**

---

Os depósitos minerais calcários são, geralmente, formados pelas conchas e por esqueletos de microrganismos aquáticos, comprimidos sob pressão para formar as rochas sedimentares. Há também os depósitos de calcário precipitado diretamente de águas com elevados teores de sais minerais. Além dos calcários sedimentares, encontram-se também abundantes ocorrências de rochas metamorfizadas carbonatadas – metacalcários, dolomitos, mármore e outros tipos. As reservas de rochas carbonáticas são praticamente intermináveis, porém a sua ocorrência com elevada pureza corresponde a menos de 10% das reservas lavradas em todo o mundo.

No Estado de São Paulo, as principais formações geológicas, fonte dessas rochas são a Formação Irati (rocha sedimentar da Bacia do Paraná) e o Grupo São Roque (rochas metamórficas pré-cambrianas).

### **Etapas do processo produtivo**

---

Os depósitos de rochas carbonáticas podem ocorrer em grandes extensões e apresentar espessura de centenas de metros. Dessa forma, em geral, as minas de calcário podem ser operações de médio a grande porte e de longa vida útil, com produção de diversos tipos de produtos. Quando o minério produzido não atende as especificações para certos usos, ainda pode ser aproveitado para outros fins, como agregado para a construção, por exemplo.

## Lavra

A maior parte das minas de calcário é lavrada a céu aberto<sup>3</sup>, e as principais etapas da lavra incluem:

- *Remoção do capeamento - elemento-chave na viabilidade econômica da lavra a céu aberto, e para cada operação ou situação, há uma razão estéril/minério economicamente viável.*
- *Perfuração, desmonte por explosivos, carregamento e transporte até a usina de processamento.*

Os calcários caracterizam-se por baixa abrasividade e resistência. A britagem é executada em vários estágios, que incluem combinações de britadores de mandíbulas ou giratórios em grandes operações, além de britadores cônicos secundários e terciários. Britadores de impacto são também largamente empregados, pois apresentam uma combinação favorável de relações de redução e capacidades muito altas e melhoria de forma das partículas<sup>4</sup>. A cominuição pode ser feita via seca. A moagem em moinho de rolos tipo *Raymond* ou em moinhos tubulares com bolas, com cuidados especiais para evitar a contaminação por ferro. Para moagem mais fina são utilizados moinhos micronizadores ou de bolas.

Em operações cuja utilização final não requer rígidos controles de especificações ocorre britagem em estágio unitário, peneiramento a seco e moagem simples.

O processamento do calcário para fins agrícolas utiliza predominantemente moinhos de martelo, pois envolve a aplicação do calcário na forma de pó e deve apresentar as especificações mínimas estabelecidas na Instrução Normativa do Ministério da Agricultura<sup>5</sup> para a moagem da rocha. Nesse caso, além das garantias registradas quanto aos teores químicos, o grau de moagem também deve ser garantido com relação ao tamanho e frequência das partículas moídas (100%<2,00mm; 80%<0,84mm e 50%<0,3mm).

Destacam-se as regiões produtoras de Cajamar, Saltinho, Apiaí/Cajati/Ribeirão Grande/Itapeva, Sorocaba/Votorantim, Limeira/Rio Claro, Salto de Pirapora e Bom Sucesso do Itararé. Dados do DNPM apresentam o seguinte cenário para a produção comercializada em SP, em 2014:

**Tabela 2:**  
**Produção**  
**comercializada**  
**em 2014**

Substância	Produção Bruta (t)	Valor (R\$)	Produção Beneficiada(t)	Valor (R\$)	Valor Total (R\$)
Calcário	6.749.426	119.966.236	15.172.492	383.476.292	<b>503.442.528</b>
Dolomito	1.345	53.800	356.816	18.244.263	<b>18.298.063</b>
<b>Total SP</b>	<b>6.750.771</b>	<b>120.020.036</b>	<b>15.529.308</b>	<b>401.720.555</b>	<b>521.740.591</b>

Fonte: DNPM (2016)<sup>6</sup>

No ano de 2014, o Estado de São Paulo foi responsável pela produção de 2,8 milhões de toneladas de calcário para uso na **agricultura**<sup>7</sup>. Para uso na **indústria cimenteira**, a produção de calcário no Estado de São Paulo foi de cerca de 10 milhões de toneladas<sup>8</sup>.

## Usos e mercado consumidor

As rochas calcárias são utilizadas em um grande número de usos e aplicações, de acordo com as especificações exigidas por cada setor industrial determinante de seu consumo.

Cimento		Cal (*)	Agroindústria
<b>Cimento Portland</b>		Cal virgem Cal hidratada	Calcário agrícola Calcário calcinado agrícola Cal hidratada agrícola Cal virgem agrícola
Comum	CP I CP I-S (com adição)		
Composto	CP II-E CP II-Z CP II-F		
Alto forno	CP III		
Pozolânico	CP IV		
Alta resistência inicial	CP V-ARI		
Resistente a sulfatos	CP RS		
Baixo calor de hidratação	CP BC		
Branco	CPB		

**Tabela 3:**  
**Produtos**  
**derivados das**  
**rochas calcárias**

(\*) Os materiais carbonáticos, quando calcinados à temperatura de 900 – 1.200°C, recebem o nome de cal virgem. A adição de água à cal virgem provoca a formação de hidróxido de cálcio e de outros compostos, recebendo então a denominação de cal hidratada.

## Indústria do cimento

O cimento é feito a partir de uma mistura de calcário com argilas (em uma proporção de 4:1 ou mais), que posteriormente é moída e calcinada em fornos rotativos horizontais, que atingem altas temperaturas (1.450°C). O resultado é a produção do clínquer, um produto intermediário, ao qual são adicionadas pequenas quantidades de gipsita, calcário e outros materiais (pozolanas, escória, fíler), dependendo do tipo de cimento a ser produzido. O clínquer e os aditivos são então moídos até obter um pó fino, que é o cimento Portland, com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação de água.

A produção brasileira de cimento em 2013 foi de 69,97 milhões de toneladas, conforme dados do DNPM<sup>9</sup>. O setor produtivo aponta para o mesmo ano valores de produção de 70,16 milhões (notapé 8). Para cada tonelada de cimento produzida, é necessária 1,4 tonelada de calcário, o que torna a produção de cimento a grande demandante do calcário produzido no Brasil e no mundo. Leia mais na página 112.



## Indústria da cal

---

A cal possui capacidades de aglomeração, absorção, neutralização, lubrificação, dissolução e aglutinação de matérias primas. Das muitas aplicações que a cal tem no Brasil, as principais são nas áreas das indústrias:

- Siderúrgicas, como fluxo ou aglomerante;
- De celulose e papel, para regenerar a soda cáustica e para branquear as polpas de papel;
- De açúcar, na remoção dos compostos fosfáticos;
- De tintas como pigmento e incorporante de tintas à base de cal e como pigmento para suspensões em água, destinadas às “caiações”;
- Do alumínio como regeneradora da soda; e
- De refratários, cerâmica, carbonato de cálcio precipitado, graxas, tijolos sílico-cal, petróleo, couro, etanol, metalurgia do cobre, produtos farmacêuticos e alimentícios e biogás.

## Agroindústria

---

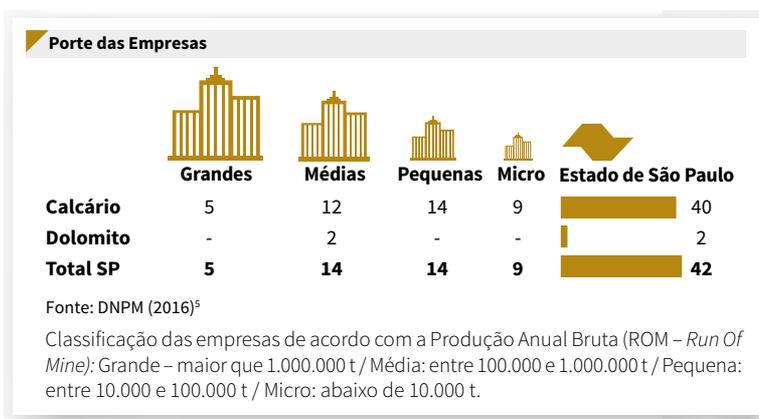
O calcário agrícola é um dos principais usos do calcário produzido no Brasil e no mundo, sendo que no Brasil o calcário utilizado para fins agrícolas representa cerca de 21% do total do calcário produzido no país. O calcário moído e seus produtos são aplicados no solo para corrigir a acidez e promover o crescimento das plantas. São utilizados sob a forma de pó, para aumentar sua reatividade e assimilação pelo solo. Quanto maior for o Poder Neutralizante (expresso em % de  $\text{CaCO}_3$ ) e a sua reatividade, menor será a quantidade necessária para correção. A reação do calcário com solo se dá lentamente, e depende da umidade e da capacidade de retenção de cátions do solo, da incorporação do produto ao solo e da granulometria do produto.

O calcário, principalmente o dolomítico, proporciona dois nutrientes importantes para os solos, cálcio e magnésio, como também elementos-traço contidos na rocha calcária. O calcário também neutraliza a acidez gerada pelos fertilizantes nitrogenados, tais como nitrato, amônio e sulfatos, e propicia um melhor aproveitamento dos nutrientes fornecidos pelos fertilizantes, aumentando o cultivo e o conteúdo orgânico do solo.

O Plano Duodecenal de Mineração 2010 - 2030<sup>10</sup> prevê que o consumo de calcário agrícola deverá crescer mais que os demais agrominerais. O Estado de São Paulo acompanhará essa tendência de crescimento.

## Desempenho econômico setorial

Existem 42 empreendimentos de mineração de rochas carbonáticas no Estado de São Paulo, de acordo com os dados do DNPM<sup>5</sup>.



**Figura 1: Porte das empresas em 2014**

A produção de calcário para uso na indústria cimenteira está relativamente concentrada nas maiores empresas produtoras. O valor da produção das cinco maiores empresas representa mais de um terço (35,8%) do valor total da produção de calcário no Brasil. Diferentemente da situação do parque de mineração, onde há um grande número de pequenas e médias empresas de mineração atuantes no mercado, a produção de calcário beneficiado se dá com uma distribuição relativamente concentrada em grandes e médias empresas beneficiadoras.

As indústrias produtoras de calcário agrícola no Estado de São Paulo são formadas principalmente por pequenas empresas, com preponderância para empresas de capital nacional.

A Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola - Abracal elaborou na segunda metade da década de 90 o Plano Nacional de Calcário Agrícola - Planacal, que permanece, apesar do tempo, inalterado. O plano objetiva, entre outros, esclarecer os agricultores sobre os benefícios da calagem à agricultura. Apesar da importância do calcário agrícola, há uma relativa falta de dados sobre a sua produção e consumo no Brasil. Boa parte dessa dificuldade se deve ao fato de que as informações sobre o calcário agrícola acabam sendo englobadas nos dados sobre o calcário com vários usos, dificultando um acompanhamento estatístico. Embora o preço do calcário agrícola seja considerado baixo, principalmente quando comparado com outros insumos utilizados na agricultura, o frete é um dos fatores que desestimulam a sua aquisição pelos produtores agrícolas. O valor do frete é determinado pela distância da região produtora.

No Brasil, as indústrias produtoras de cal são classificadas pela ABPC<sup>11</sup> como:

- *Integradas: produzem cal (virgem e hidratada) a partir do calcário produzido em minas próprias;*
- *Não Integradas: são aqueles que produzem cal (virgem e hidratada) a partir de calcário comprado de terceiros;*
- *Transformadores: realizam moagem e/ou produzem cal hidratada a partir de cal virgem adquirida;*
- *Cativos: produzem para consumo próprio, como por exemplo as siderúrgicas.*



## Responsabilidade socioambiental

A utilização dos fornos de cimento para queimar resíduos tem dado à indústria cimenteira um novo e relevante papel no âmbito da promoção da sustentabilidade e do equilíbrio ambiental. O coprocessamento representa, em muitos casos, a solução mais eficiente e econômica para a gestão de resíduos, sem representar risco à qualidade do cimento Portland e ao meio ambiente. Os avanços tecnológicos da produção de cimento e a substituição de combustíveis fósseis e matérias-primas naturais por materiais alternativos, no setor, sempre foram impulsionados pela busca da redução do consumo de energia térmica e elétrica, e pela racionalização do uso de recursos naturais não renováveis. No tocante às emissões dos gases de efeito estufa, várias medidas têm sido adotadas pelo setor para melhoria de seus processos produtivos, incluindo monitoramento das emissões, programas de melhoria da eficiência energética e uso de adições e de combustíveis alternativos.

### NOTAS

1. PETTIJOHN, J. J. *Rocas sedimentarias*. 3. ed. Buenos Aires: Edigraf, 1976. p. 419-420.
2. ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. *Uma breve história do cimento*. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia-do-cimento-portland/>>.
3. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Calcário agrícola*. Brasília: DNPM, 2014. Disponível em: <[http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/calcario-agricola-sumario-mineral-2014/@download/file/CALC%C3%81RIO\\_AGRICOLA\\_2013.pdf](http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/calcario-agricola-sumario-mineral-2014/@download/file/CALC%C3%81RIO_AGRICOLA_2013.pdf)>.
4. DELBONI JUNIOR, H. Cominuição. In: FERNANDES, F. R. C. et al. (Ed.). *Tendências tecnológicas Brasil 2015*. Rio de Janeiro: CETEM, 2015.
5. BRASIL. MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n. 35, de 04 de julho de 2006. *Diário Oficial da União*, Brasília, 12. jul. 2006. Seção 1. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=detalharAtosArvore&tipo=INM&numeroAto=00000035&seqAto=000&valorAto=2006&orgao=SDA/MAPA&codTipo=&desitem=&desitemFim=#>>.
6. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Anuário mineral estadual – São Paulo 2015 – ano base 2014*. Brasília: DNPM, 2016. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral-estadual/anuario-mineral-estadual-sao-paulo-2015-ano-base-2014>>.
7. SINDICAL – Sindicato das Indústrias de Calcário e Derivados para Uso Agrícola do Estado de São Paulo. *Dados setoriais*. 2015.
8. SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. *Relatório anual 2013*. 2013. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/pdf/RelatorioAnual2013final.pdf>>.
9. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Cimento*. Brasília: DNPM, 2014. Disponível em: <[http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/cimento-sumario-mineral-2014/@download/file/CIMENTO\\_2013.pdf](http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/cimento-sumario-mineral-2014/@download/file/CIMENTO_2013.pdf)>.
10. SILVA, J. O. *Relatório técnico 55*. Brasília: MME, 2009. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P29\\_RT55\\_Perfil\\_do\\_Calcxrio\\_Agrxcola.pdf/16a967ef-a997-482c-8459-6109f5a72860](http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P29_RT55_Perfil_do_Calcxrio_Agrxcola.pdf/16a967ef-a997-482c-8459-6109f5a72860)>.
11. ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal. *Publicação setorial*. 2009.

# CASES

## **CASO LAFARGE**

A empresa tem adotado uma abordagem voluntária em relação a iniciativas que minimizem seus impactos ambientais em uma escala global. Desde 2000, a Lafarge desenvolve parcerias com a WWF (World Wildlife Fund) para definição de metas ambientais e compromissos públicos com a entidade, no que tange à recuperação das jazidas minerais, manutenção da biodiversidade local e criação de indicadores ambientais para avaliar a performance da empresa em diversas áreas, o consumo de água, de energia, revegetação, investimentos em meio ambiente e treinamento ambiental.

## **CASO VOTORANTIM CIMENTOS**

Em julho de 2011, foi firmado um termo de cooperação entre a Votorantim Cimentos (VC), a Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) e a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (RBMA). Esse termo tem como objeto desenvolver, implementar e difundir boas práticas de mineração em áreas de cavernas e no entorno das Unidades de Conservação, bem como em áreas de Mata Atlântica e demais remanescentes de vegetação nativa que contribuam para a conservação da biodiversidade e a proteção do patrimônio espeleológico.

## **CASO INTERCEMENT**

Uma das unidades da InterCement localiza-se no município de Cajati (SP), que integra o Vale do Ribeira. Essa região se encontra em um dos principais remanescentes da Mata Atlântica, reconhecidamente uma das áreas mais ameaçadas e um dos maiores repositórios de biodiversidade do planeta. A empresa vem investindo para devolver à natureza suas características originais. Para tanto, foi implantado um amplo projeto com vistas à recuperação da mata ciliar do rio Jacupiranguinha. Em função de sua importância, o projeto passou a integrar a lista dos 20 casos de estudo de recuperação ambiental do WBCSD (Conselho Mundial de Empresas para o Desenvolvimento Sustentável), sendo o único caso brasileiro a integrar a lista. A iniciativa contribuiu com a recuperação de um dos principais pontos remanescentes da Mata Atlântica, bioma que abriga mais de 20 mil espécies de plantas, das quais 8 mil não existentes em nenhum outro lugar do planeta. Com as áreas recuperadas, diversas espécies de aves voltaram a habitar o local e tem crescido a visitação de mamíferos como tatus, capivaras e lontras.



## Capítulo 3.4

# AREIA INDUSTRIAL

Areias silicosas empregadas em estado natural ou beneficiadas na fabricação de vidros e moldes para fundição, suas aplicações mais importantes. São usadas também em produtos cerâmicos, em tintas e plásticos, na fabricação de ácidos e fertilizantes na indústria química, entre outros processos e produtos<sup>1</sup>, com as seguintes características:

- *Areias com elevado conteúdo de quartzo, especificação granulométrica e química bem definida;*
- *Porcentagem determinada em teor de sílica, pureza, composição química, teor de óxidos de ferro, álcalis, matéria orgânica, perda ao fogo, umidade, distribuição granulométrica, forma dos grãos e teor de argila.*

### Histórico

Diversas empresas vidreiras foram instaladas no final do século XIX e início do século XX em São Paulo (para fabricação de vidros planos, ópticos e com finalidades arquitetônicas) e procuraram suas matérias-primas nas jazidas do interior do estado. A produção formal em Descalvado iniciou-se na década de 50 e expandiu para outras cidades da região.

### Origem das matérias-primas

Areia industrial é um termo genérico que designa areia de quartzo, areia quartzosa, quartzito industrial ou areia de sílica (*sílica sand*), com elevado teor de sílica ( $\text{SiO}_2$ ), utilizada para vários fins e aplicações industriais<sup>2</sup>. A granulometria típica situa-se entre 0,5 e 0,1 mm, que resulta da alteração de rochas pela ação de agentes intempéricos ou como produtos de cominuição (britagem/moagem).

As areias podem ser originárias de depósitos sedimentares inconsolidados, cordões litorâneos, coberturas continentais, rochas sedimentares das formações geológicas arenosas da Bacia do Paraná e rochas metamórficas quartzíticas.

As reservas brasileiras de areia industrial em 2013 eram de



Shutterstock.com

1,2 bilhão de toneladas lavráveis<sup>3</sup>. As jazidas mais importantes deste bem mineral estão localizadas nos Estados de São Paulo (60%) – com cerca de 546 milhões de toneladas de reservas lavráveis – seguido por Minas Gerais, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Bahia, Sergipe e Pernambuco. Sendo que o primeiro estado detém as maiores reservas medidas e minas em operação.

### **Etapas do processo produtivo**

---

As areias industriais são lavradas por diferentes métodos, dependendo do tipo de depósito.

Em depósitos não consolidados e cobertos por uma pequena lâmina d'água, a lavra é conduzida com o auxílio de dragas flutuantes, com sucção da polpa de areia e água, bombeada para uma pilha ou diretamente para uma unidade de processamento. Quando o depósito apresenta lentes resistentes de argila, a tubulação de sucção é equipada com uma cabeça cortadora, de forma a facilitar a escavação do material, ou fragmentação com utilização de retroescavadeiras e *draglines*.

Em outras situações, a lavra é feita a céu aberto, em bancadas, com avanço em meia encosta e com rebaixamento do nível freático, por meio de escavadeiras e escarificador, seguido de transporte por caminhões basculantes até a usina de beneficiamento. Pode-se utilizar também um processo de lavra adicional, com desmonte hidráulico e transporte para o beneficiamento por meio de bombeamento da polpa.

Se a areia for resultante do processamento de quartzito, a lavra é feita a céu aberto com o auxílio de trator de esteira, nos casos de rochas friáveis, milonitizadas e intemperizadas, ou explosivos para as lentes mais compactas.

A complexidade do processamento da areia industrial varia de acordo com as especificações requeridas pelo mercado. De forma geral, o processamento consiste nas seguintes etapas (algumas ou todas, em cada planta):

- *Formação da polpa*
- *Desagregação - trommel screen*
- *Atrição*
- *Deslamagem - hidrociclonagem*
- *Classificação - peneiramento / hidrociclonagem*
- *Desaguamento - hidrociclonagem*
- *Secagem - leito fluidizado*

Para a purificação complementar requerida por algumas especificações industriais, como, por exemplo, a redução do teor de ferro e remoção de impurezas diversas, são aplicados, ainda, os métodos de flotação, lixiviação a quente, separação gravítica ou magnética. Tais areias especiais destinam-se a usos específicos, como injeção em poços de petróleo, indústria cerâmica ou química, fabricação de tintas, entre outros.

O Estado de São Paulo é responsável por 90% da produção brasileira. De toda produção bruta, 80,35% são destinados para consumo interno, 12,31% para o Rio de Janeiro, 4% para Minas Gerais e 1% para o Espírito Santo<sup>3</sup>. Já em relação à produção beneficiada, 79% são para consumo interno, 8,6% para Minas Gerais e 4 % para o Rio de Janeiro, como principais destinos.

Os dados oficiais de produção comercializada<sup>4</sup> em 2014 são apresentados a seguir:

Comercializada	Produção Bruta		Produção Beneficiada		Valor Total (R\$)
	Quant.(t)	Valor(R\$)	Quant.(t)	Valor(R\$)	
Areia Industrial	31.050	822.800	5.149.445	195.890.030	196.712.830
Quartzito Industrial	-	-	291.652	5.186.982	5.186.982
<b>TOTAL SP</b>	<b>31.050</b>	<b>822.800</b>	<b>5.441.097</b>	<b>201.077.012</b>	<b>201.899.812</b>

Fonte: DNPM (2016)<sup>4</sup>

**Tabela 1:**  
Produção comercializada em 2014

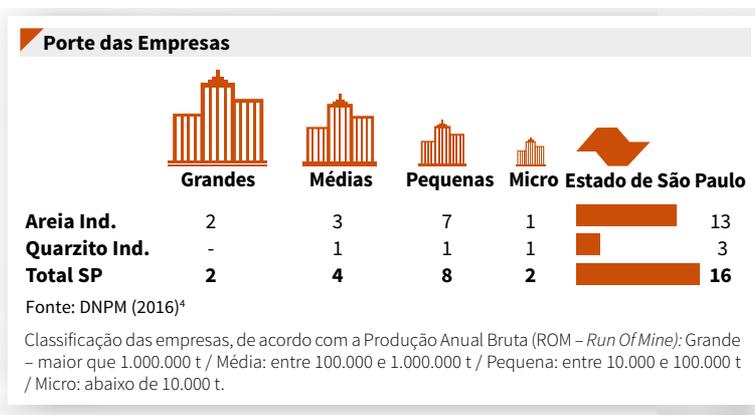
### Usos e mercado consumidor

Os dados oficiais sobre a demanda por areia industrial no país, de acordo com o DNPM, incluem o setor da construção, com uso na argamassa. Retirando esses dados das estatísticas, recalcula-se que o segmento vidreiro (37,5%) e fundição (37,5%) são responsáveis porque juntos perfazem 75% do seu consumo<sup>1</sup>. Os demais 25% correspondem a um número expressivo de segmentos industriais, como indústrias cerâmicas (branca e de revestimento), cimenteira e de ferro-ligas, o uso como material filtrante, outros produtos químicos, siderurgia e metalurgia de não ferrosos.

A partir de 2009, o consumo de areia industrial tornou-se crescente, principalmente em função da demanda derivada da indústria automobilística (fundição e vidros planos) e da indústria de construção (argamassa, cerâmicas e vidros).

### Desempenho econômico setorial

O mercado paulista desses produtos é atendido por 16 empreendimentos de mineração<sup>4</sup>.



**Figura 1:**  
Porte das empresas em 2014



Este ramo apresenta uma tendência à concentração empresarial do setor produtivo, com a aquisição das pequenas minerações pelas grandes empresas. Isso decorre das poucas possibilidades de expansão dos pequenos empreendimentos, seja pelas condições naturais de suas jazidas ou pela dificuldade de atender as exigências e especificações técnicas dos produtos e de cumprir as crescentes determinações de controle ambiental nos processos de lavra e beneficiamento do minério<sup>1</sup>.

Em termos de estrutura empresarial, foram identificadas as seguintes categorias:

- *Com forte participação de capital estrangeiro, empresas de grande porte.*
- *De capital nacional – congregam diversos produtores de pequeno a médio porte, em geral pertencendo a um único proprietário ou a membros de uma mesma família que podem ou não beneficiar seus produtos. A maioria dessas empresas também produz e comercializa areia para a construção.*

#### NOTAS

---

1. RUIZ, M. S. et al. Desafios e perspectivas da produção de areia industrial. *Rev. Holos*, ano 29, v. 5, 2013. p. 50-68. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/1707/726>>.
2. COELHO, J. M. *Relatório técnico 44*. Brasília: MME, 2010. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P28\\_RT44\\_Perfil\\_Areia\\_Industrial.pdf/bbfaa3ec-8809-436f-8c-20-a9bfd70edd14](http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P28_RT44_Perfil_Areia_Industrial.pdf/bbfaa3ec-8809-436f-8c-20-a9bfd70edd14)>.
3. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Sumário mineral 2013*. Brasília: DNPM, 2013. v. 33. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2013>>.
4. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Anuário mineral estadual – São Paulo 2015 – ano base 2014*. Brasília: DNPM, 2016. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral-estadual/anuario-mineral-estadual-sao-paulo-2015-ano-base-2014>>.

# CASES

## **PROJETO "VIDRO É VIDA"**

A Mineração Descalvado, que pertence ao Grupo Owens-Illinois, em parceria com a Prefeitura do município homônimo e com a Associação de Moradores da cidade, desenvolve um programa socioambiental com o objetivo de incentivar a coleta seletiva do vidro e a reciclagem, por meio da arrecadação de embalagens, em troca de fornecimento de cestas básicas para a população em situação de risco, previamente cadastrada. Cada tonelada de vidro corresponde a oito cestas básicas. A Prefeitura investiu em 20 coletores exclusivos para vidros, todos disponibilizados nas entradas dos principais estabelecimentos comerciais da cidade. Em janeiro de 2011, a Mineração Descalvado recebeu certificado da Secretaria de Estado do Meio Ambiente reconhecendo as ações do Programa Socioambiental “Vidro é Vida – Coleta Seletiva de Embalagens de Vidro”. Acredita-se que o potencial de recolhimento em Descalvado é de 10 toneladas/mês de embalagens de vidro.

## **PRÊMIO ESMERALDA DE MEIO AMBIENTE**

Em junho de 2013, a Mineração Jundu recebeu, em Paris, o Prêmio Esmeralda de Meio Ambiente da Cia. Saint-Gobain, criado para reconhecer os esforços e boas práticas na gestão de meio ambiente entre as empresas do Grupo Saint-Gobain espalhadas por diversos países. O projeto premiado concorreu na categoria biodiversidade, com atividades de recuperação ambiental das áreas mineradas. A Jundu também patrocina projetos culturais e esportivos, por meio das leis de incentivo à cultura e ao esporte do Governo Federal e do Governo do Estado de São Paulo, com foco em garantir acesso às comunidades vizinhas. A escolha dos projetos é feita de forma criteriosa, alinhada aos objetivos de responsabilidade social da empresa, e leva em consideração atividades que contribuam para a melhoria da qualidade de vida, da educação e do preparo técnico de crianças e jovens, bem como ampliem o acesso dos empregados e familiares aos bens culturais e esportivos.



Vale Fertilizantes / Daniel Derevecki - La Imagem

## Capítulo 3.5

# ROCHAS FOSFÁTICAS

### Histórico

As operações mineiras de fosfato no estado foram iniciadas pela Serrana S/A em Jacupiranga (atualmente, Cajati) no final da década de 30<sup>1</sup>. Inicialmente, a Serrana venceu concorrência pública para arrendamento, pelo prazo de dois anos, do empreendimento industrial ligado à jazida de rocha fosfática em Ipanema. Em 1945, foram iniciadas as operações de lavra no Morro da Mina, jazida arrendada no ano anterior por meio de concorrência pública. O beneficiamento desse minério – carbonatito apatítico residual – consistia em operações unitárias simples de desagregação, classificação e separação magnética, mas, com esse método, suas reservas se exauriram em 1969.

Já no início da década de 60, tendo em vista a inexistência de experiência internacional de aproveitamento econômico de jazidas com baixos teores de  $P_2O_5$  associados a rochas carbonatíticas, a empresa tomou a decisão de investir em uma tecnologia própria de beneficiamento. Com a criação de um Centro de Pesquisa e Desenvolvimento, liderada pelos professores Paulo Abib Andery e Geraldo Conrado Melcher, titulares do Departamento de Engenharia de Minas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), foi viabilizado um processo de flotação para separação da apatita dos carbonatos e sua posterior concentração até os teores de 35% a 38% de  $P_2O_5$ , adequados à fabricação de ácido fosfórico e superfosfatos. O projeto foi desenvolvido em etapas sucessivas (escala de laboratório, piloto e semi-industrial) ao longo de sete anos. Em 1969 foi implantada a usina de beneficiamento, com capacidade inicial de 1,5 milhão de toneladas/ano.

De lá para cá, muito foi investido em recursos e tecnologia para modernizar o complexo minero-industrial. Recentemente, fez-se uma expansão da usina, objetivando o aumento da capacidade de processamento, recuperação da apatita e melhoria da qualidade do concentrado, cujas alterações permitiram elevar a recuperação total de  $P_2O_5$  para 78%.





Em 2010, a Vale Fertilizantes adquiriu a unidade de Cajati da Bunge Fertilizantes e mais duas unidades de processamento no estado para a produção de fertilizantes fosfatados, localizadas em Cubatão e Guará.

### **Origem das matérias-primas**

---

Os três pilares da indústria de fertilizantes são potássio, nitrogênio (originado na amônia e na ureia) e fósforo. A obtenção desses elementos é parte vital da produção mineral em um grupo denominado agrominerais. Apenas o fosfato ocorre em terras paulistas em volume insuficiente para atender o consumo regional e brasileiro.

O elemento fósforo é encontrado na natureza com relativa abundância, sendo suas concentrações de importância econômica relacionadas tanto a rochas de origem ígnea quanto sedimentar. Nos dois tipos de ambientes, o fósforo encontra-se na forma de fosfatos, normalmente associados ao cálcio. Em termos mundiais, a rocha fosfática é a única fonte de fósforo viável, contida nos depósitos de origens sedimentares (em torno de 85% da oferta mundial), ígneas (próximo de 15%) e biogenéticas.

No Brasil, cerca de 80% das jazidas fosfáticas naturais são de origem ígnea com presença acentuada de rocha carbonatítica, com baixo teor em  $P_2O_5$ .

O fosfato natural ou rocha fosfática é comercialmente expresso sob a forma de pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ), o denominador comum para exprimir o teor/conteúdo de fósforo de todos os produtos da cadeia de fertilizantes fosfatados. A rocha fosfática, depois de extraída, é tratada para atingir um conteúdo em  $P_2O_5$  adequado, sendo comercializada na forma de concentrados fosfáticos, que contêm entre 30% e 38% de  $P_2O_5$ , fontes primárias e únicas de fósforo dos fertilizantes.

As reservas brasileiras ocorrem em rochas ígneas carbonatíticas<sup>2</sup>, com teores médios de 10-11% de  $P_2O_5$ , mineralogia mais complexa e baixo grau de uniformidade. O resultado é um aproveitamento industrial mais complexo e, conseqüentemente, com custos mais elevados em contrapartida às demais reservas mundiais, que ocorrem principalmente



Vale Fertilizantes / Daniel Derevecki - La Imagem

em rochas sedimentares, com teores entre 25% e 33% de  $P_2O_5$  e com maior uniformidade e mineralogia mais simples. As reservas brasileiras de rochas fosfáticas em 2013 são apontadas como 315 milhões de toneladas (teor contido de  $P_2O_5$ ).

### **Etapas do processo produtivo**

O método de lavra da mina de Cajati é a céu aberto, em três frentes de lavras simultâneas para obtenção de maior homogeneidade do minério<sup>3</sup>. O desmonte é feito com explosivos. O transporte do minério para o beneficiamento é feito por caminhões basculantes.

A britagem primária reduz os blocos de grande dimensão, que são direcionados para uma pilha intermediária, de onde seguem para a rebritagem e peneiramento, via seca. O produto da britagem vai para as pilhas de homogeneização, preparadas pelo método Chevron, com retomada da seção transversal por meio de uma retomadora de grade dentada.

O minério é, então, submetido à moagem em moinhos de barras, separação magnética de baixa intensidade para retirada da magnetita, classificação em hidrociclones e deslamagem. Os materiais grossos passam por flotação, desaguamento, filtragem e secagem. Os materiais finos são espessados e recuperados, com nova flotação dos ultrafinos, posterior espessamento e filtragem do concentrado.

#### **Principais produtos obtidos a partir do processamento das rochas fosfáticas (carbonatito apatítico e fosforita):**

- Ácidos (fosfórico, fluossilícico, nítrico e sulfúrico)
- Fosfatos (cálcicos, amônicos)
- Concentrados fosfáticos



Shutterstock.com

No Brasil, em 2013, foram mineradas 39 milhões de toneladas de *run of mine* (ROM), em 10 empreendimentos minerários<sup>2</sup>. O teor médio desse minério foi de 9,6% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A produção, beneficiada, resultou em 6,7 milhões de toneladas a um teor médio de 37% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o que equivale a apenas 3% da produção mundial. O Estado de São Paulo produz 10% do total brasileiro, destinados, em sua maioria (97,57%), ao consumo interno; o restante é distribuído entre Minas Gerais, Santa Catarina, Mato Grosso e Paraná.

No Estado de São Paulo, de acordo com o DNPM<sup>6</sup>, observa-se a seguinte produção entre 2010 e 2014 :

**Tabela 1:**  
**Produção**  
**comercializada**  
**em 2014**

Ano	Bruta			Beneficiada				Valor (R\$)
	Quant. (ROM) t	Contido P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Teor Médio	Quant. (ROM) t	Contido P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Teor Médio	Comercializado t	
2010	5.246.659	274.660	5,23%	584.314	192.803	33,00%	642.499	137.516.224
2011	5.590.726	368.253	6,59%	659.930	269.466	40,83%	614.644	139.504.736
2012	5.449.321	331.335	6,08%	637.944	257.553	40,37%	649.029	171.323.051
2013	5.796.464	256.881	4,43%	711.183	267.181	37,57%	671.923	168.578.237
2014	5.512.051	685.918	12,44%	667.319	262.357	39,62%	701.628	191.709.517

Fonte: DNPM (2016a)<sup>4</sup>, DNPM (2016b)<sup>5</sup>

## Usos e mercado consumidor

O principal uso da rocha fosfática no Brasil é na indústria de fertilizantes (68%), mas também é aplicada na alimentação animal, corretivo e condicionador de solos e nas indústrias químicas. Ressalta-se que o fósforo apresenta um leque variado de aplicações (sabões, detergentes e limpeza, demais setores da indústria química), mas é na agricultura, sob as formas de fertilizantes (adubos), que ele desempenha sua principal função.

O consumo no estado é um pouco mais exclusivo, sendo que 97,6% são direcionados para fertilizantes e produtos químicos e 2,4% para corretivo de solos, conforme dados do Anuário Mineral Brasileiro<sup>6</sup>.

Na indústria paulista de fertilizantes, estima-se que 65% das rochas fosfáticas destinam-se à produção de ácido fosfórico e 35% são consumidas diretamente na produção de fertilizantes simples fosfatados<sup>1</sup>. Outros usos se dão na fabricação de uma ampla gama de produtos, como suplementos minerais para nutrição animal, aditivo para sabões e detergentes, retardantes de fogo, inseticidas, medicamentos, diversos produtos das indústrias alimentícias (destaque para os refrigerantes) e de higiene pessoal, tratamento de efluentes, fermentação alcoólica e ainda na indústria metalúrgica para utilização na laminação e polimento de metais.

O consumo de fertilizantes no Brasil cresce muito mais do que a produção agrícola. Entre 1987 e 2007, a produção agrícola cresceu 59%, enquanto o consumo de adubos subiu 143%, para um aumento da área colhida de apenas 13%. O consumo aparente de rocha fosfática no Brasil, em



2008, ano da crise mundial, foi em torno de 8 milhões de toneladas<sup>8</sup>, com apenas 1% de aumento em relação a 2007, enquanto houve queda de 8,9% na entrega de produtos finais fertilizantes, segundo a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA)<sup>7</sup>.

Porém, a rocha fosfática, assim como outros agrominerais como o enxofre e o potássio, são exemplos de minérios insuficientes no Brasil (que não têm grande disponibilidade primária de recursos minerais), apresentando elevada dependência do subsolo estrangeiro.

Em 2015, houve quebra de recorde no volume de fertilizantes entregues ao consumidor final, com 30,2 milhões de toneladas<sup>7</sup>. Como a produção brasileira de fosfato não tem aumentado para suprir a demanda interna, tal crescimento tem sido realizado por meio do aumento das importações.

#### NOTAS

1. KULAIF, Y. A nova configuração da indústria de fertilizantes fosfatados no Brasil. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1999. (Estudos e documentos, 42).
2. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Sumário mineral 2013*. Brasília: DNPM, 2013. v. 33. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2013>>.
3. SCHNELLRATH, J.; SILVA, A. O. da; SHIMABUKURO, N. T. Fosfato, Mina de Cajati, Serrana. In: LUZ, A. B.; LINS, F. F.; SAMPAIO, J. A. (Ed.). *Usinas de beneficiamento de minérios do Brasil*. Rio de Janeiro: CETEM, 2012.
4. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Anuário mineral estadual – São Paulo 2015 – ano base 2014*. Brasília: DNPM, 2016a. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral-estadual/anuario-mineral-estadual-sao-paulo-2015-ano-base-2014>>.
5. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Anuário mineral estadual – São Paulo 2015 – anos base 2010 a 2013*. Brasília: DNPM, 2016b. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral-estadual/anuario-mineral-estadual-sao-paulo-anos-base-2010-a-2013>>.
6. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Anuário mineral brasileiro 2009*. Brasília: DNPM, 2010. Disponível em: <[http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral/arquivos/ANUARIO\\_MINERAL\\_2009.pdf](http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral/arquivos/ANUARIO_MINERAL_2009.pdf)>.
7. ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos. *Principais indicadores do setor de fertilizantes*. 2016. Disponível em: <<http://anda.org.br/index.php?mpg=03.00.00>>.



## Capítulo 3.6

# ARGILAS

As argilas, juntamente com os agregados e rochas calcárias, são os primeiros bens minerais usados na história da humanidade. Os utensílios, peças de adorno e objetos místicos feitos de argila estão intimamente relacionados aos primórdios do homem. Sem contar que são importantes guias encontrados em escavações arqueológicas, deixando pistas sobre civilizações e culturas que existiram milhares de anos antes da Era Cristã. A indústria cerâmica é considerada a mais antiga, iniciada no momento em que o homem começou a utilizar barro endurecido pelo fogo. Empregada inicialmente a partir de práticas intuitivas e empíricas, a argila só chegou a ter aplicação em larga escala devido ao progressivo aumento do conhecimento sobre suas propriedades e às tecnologias de seu processamento.

A argila é um material de textura terrosa, de granulação fina, constituída essencialmente de argilominerais, podendo conter outros minerais, tais como quartzo, mica, feldspato, hidróxidos de ferro e manganês, matéria orgânica e outras impurezas.

Os argilominerais, quimicamente, são silicatos de alumínio ou magnésio hidratados que contêm, em certos tipos, outros elementos como ferro, potássio, cálcio e sódio. Em virtude deles é que as argilas na presença de água desenvolvem uma série de propriedades, tais como plasticidade, resistência mecânica a úmido, retração linear de secagem, compactação, tixotropia(\*) e viscosidade de suspensões aquosas, que propiciam grande variedade de aplicações tecnológicas.

As características tecnológicas e a aplicação industrial das argilas dependem da sua composição química, granulométrica, do tipo de argilomineral e dos demais constituintes presentes.

(\*) A tixotropia das argilas esmectíticas está relacionada à sua capacidade de expansão em contato com a água, formando géis tixotrópicos, isto é, quando agitada em solução aquosa entra em suspensão, uma vez cessada a agitação ocorre o aumento da viscosidade da lama tendo um comportamento mais sólido.



Aspacer / Eduardo Viana

## Histórico

---

Produtos cerâmicos são utilizados desde a Antiguidade nas mais diversas culturas ao redor do mundo. Tijolos foram empregados na construção de edificações na Mesopotâmia mais de 4.000 a.C. e, por cerca de mais de um milênio, os tijolos foram utilizados somente no estado seco. As primeiras construções feitas com tijolos queimados surgiram cerca de 3.000 a. C., em meio aos povos assírios, caldeus, babilônios e egípcios, sendo os romanos responsáveis pela difusão do seu uso pelo mundo.

No Brasil, desde o período colonial, a habitação recorre a produtos argilosos. A construção de paredes de taipa de pilão e pau a pique misturava barro vermelho, solo e outros produtos de uma forma simples, disponível em todo o território paulista. A evolução desse material para a confecção de tijolos e telhas artesanais, no século XVII, ocorreu devido à melhoria do processo com a queima em fornos de maior temperatura, garantindo mais durabilidade e conforto.

Após a 2ª Guerra Mundial, ocorreu grande expansão e modernização do parque cerâmico nacional, com instalação de indústrias e diversificação da produção. O setor, que até então se concentrava no ramo de produtos de queima vermelha para a construção, passou a contar com unidades fabris de porte variado, fabricando materiais de revestimento (pisos, azulejos e pastilhas), cerâmica sanitária, isoladores elétricos, louça e porcelana de mesa, peças de adorno e técnica, materiais abrasivos e

refratários. O desenvolvimento do setor industrial cerâmico no Brasil foi vigorosamente impulsionado a partir de meados da década de 60 pela implementação de políticas públicas habitacionais. Durante a década de 70 ocorreu o *boom* da construção no país, provocando a modernização e a expansão de todos os outros segmentos da indústria cerâmica nacional, com a incorporação de processos de inovação e o lançamento de novas linhas de produtos.

A produção na região de Santa Gertrudes (SP) começou no início do século XX, por meio da manufatura de tijolos e telhas por imigrantes italianos e portugueses. Mais tarde, na segunda metade do século, os ceramistas diversificaram os produtos de base argilosa, passando a confeccionar tubos e pisos extrudados não esmaltados 30x30 cm, que ganharam popularidade e melhor qualidade através da versão vitrificada. Com grandes investimentos e inovação tecnológica a partir da década de 80, o processo de moagem e prensagem a seco, esmaltação e monoqueima rápida consolidou esse segmento no mercado nacional. A atualização tecnológica ocorre até os dias atuais, com forte atração de fornecedores e serviços para a região, o que consolidou o Polo Cerâmico em um Arranjo Produtivo Local<sup>1</sup>.

A indústria de sanitários surgiu no Brasil na década de 20, e a implantação da primeira indústria paulista foi na década de 60<sup>2</sup>. Até então, as louças sanitárias que abasteciam o mercado brasileiro eram importadas da Europa, e neste momento buscou-se a localização de jazidas de argilas que pudessem atender à indústria nacional. A expansão do setor ocorreu de maneira mais acentuada na década de 70, com a instalação de novas unidades industriais.

## Origem das matérias-primas

O termo argila designa um grupo de minerais de granulometria muito fina, com dimensão menor que 0,02 mm, com características específicas – plasticidade quando adicionada determinada quantidade de água, sinterização a temperaturas relativamente baixas (a partir de 800°C) e alta capacidade de absorção de água, além de trabalhabilidade e resistência após conformação a seco e após o processo de queima. São constituídas principalmente de argilominerais (filossilicatos) que, de acordo com sua estrutura cristalina, subdividem-se nos grupos da caulinita, illita e esmectita.

As argilas são encontradas na natureza principalmente de duas formas: como sedimentos aluvionares pouco consolidados (argilas quaternárias) ou em pacotes de grande expressão geográfica e associadas a uma determinada unidade estratigráfica (argilas formacionais), em bacias sedimentares. As rochas-fonte compreendem, basicamente, sedimentos pelíticos consolidados e inconsolidados, como argilas aluvionares quaternárias, argilitos, siltitos, folhelhos e ritmitos e, mais raramente, rochas metamórficas e magmáticas, em especial coberturas argilosas de alteração intempérica associadas<sup>3</sup>.

## Argilas comuns

---

As argilas comuns (*common clays*) abrangem uma grande variedade de substâncias minerais de natureza argilosa. Compreendem, basicamente, sedimentos pelíticos consolidados e inconsolidados, como argilas aluvionares quaternárias, argilitos, siltitos, lamitos, folhelhos e ritmitos, que queimam em cores avermelhadas a temperaturas variáveis entre 800 e 1.250°C<sup>3</sup>.

Essas substâncias argilosas possuem granulometria fina, característica que lhes confere, quando adicionadas de determinadas porcentagens de água, diferentes graus de plasticidade, além da trabalhabilidade e resistência mecânica das peças secas e após o processo de queima. As cores de queima tipicamente avermelhadas são decorrentes do elevado conteúdo de óxido de ferro desses materiais. Tais aspectos são importantes para a fabricação de uma grande variedade de produtos cerâmicos fabricados por processos de extrusão e prensagem.

No Estado de São Paulo há exemplos importantes de polos cerâmicos abastecidos por depósitos de argilas aluvionares, como os instalados no domínio do Planalto Ocidental Paulista, ao longo dos rios Paraná, Tietê e Paranapanema, particularmente nas regiões de Barra Bonita, Penápolis, Ourinhos e Panorama-Pauliceia. O Planalto Atlântico abriga também várias outras concentrações oleiro-cerâmicas abastecidas por jazidas aluvionares, como em Bragança Paulista, Vargem, Socorro e Cabreúva.

Já o suprimento mineral do chamado Cinturão Mínero-Cerâmico Paulista é proveniente essencialmente de rochas argilosas frescas e alteradas íntempericamente (taguás). Constituem uma faixa praticamente contínua de polos cerâmicos, que se estende do centro-sul do estado (Itapetininga – Tatuí) até a porção nordeste (região de Tambaú), reunindo a mais expressiva produção de argilas para fins cerâmicos das Américas.

O uso de rochas argilosas vem sustentando também a expansão em larga escala da indústria de revestimentos cerâmicos. Somente no Polo de Santa Gertrudes são utilizadas cerca de 8,5 milhões de toneladas de argilas para a produção de placas cerâmicas. Um de seus grandes diferenciais competitivos está vinculado ao recurso mineral existente na região, pois a partir de uma única fonte geológica é extraída matéria-prima que se adapta perfeitamente ao processo produtivo, resultando em um revestimento de boa qualidade e baixo custo de produção.

## Argilas plásticas e refratárias

---

O termo argila plástica é aplicado para materiais sedimentares argilosos que apresentam grande plasticidade e boa resistência a cru, queimando com cores claras, sendo compostos predominantemente por argilominerais do grupo da caulinita. As variedades mais nobres são conhecidas também com a denominação de *ball clays*, nome definido na Inglaterra há 300 anos para designar argilas sedimentares caracterizadas pela presença de matéria orgânica, alta plasticidade, alta resistência a seco e cor clara de queima.

A argila plástica é empregada em cerâmica branca, na fabricação de louças de mesa, louças sanitárias, revestimentos, cerâmica artística e porcelanas elétricas. Sua principal finalidade é fornecer à massa cerâmica plasticidade e resistência mecânica a cru, permitindo conformação e evitando deformações e quebras. Nos processos de fabricação de fundição por colagem são ainda importantes a defloculação e velocidade de deposição para formação das peças.

Já as argilas refratárias compreendem materiais argilosos de natureza caulínica, com conteúdo variável de gibsita (hidróxido de alumínio) e baixo teor de álcalis, o que lhes confere elevado ponto de fusão (superior a 1.435°C). Essas argilas constituem importante matéria-prima na indústria cerâmica para produção de materiais refratários sílico-aluminosos e aluminosos, servindo também como agente ligante para outros produtos refratários.

Há diversas áreas produtoras de argilas plásticas nos municípios paulistas, entre eles São Simão, Mogi Guaçu, Porto Ferreira, Aguaí, Sarapuí, Lagoinha e na região do Alto Tietê (Suzano, Ribeirão Pires, Itaquacetuba, Jundiaopeba e Mogi das Cruzes), onde também estão localizadas minas de argilas refratárias. No caso das substâncias refratárias, há ainda depósitos associados a mantos de alteração intempérica, como na região de Águas da Prata.

## **Bentonitas e argilas descorantes**

As argilas bentoníticas e descorantes são constituídas, em sua essência, por argilominerais do grupo das esmectitas, originárias de ambiente vulcânico e alterações das cinzas, sedimentadas em bacias restritas. Possuem partículas muito finas, plasticidade e carga superficial elevadas, alta capacidade de troca catiônica, elevada área superficial e inchamento quando em presença de água – tixotropia.

No território paulista, as principais jazidas estão no Vale do Paraíba (Bacia Sedimentar de Taubaté) em Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba.

### **Principais produtos**

- Argilas comuns
- Argilas plásticas
- Argilas refratárias
- Bentonitas
- Argilas descorantes





### **Etapas do processo produtivo**

Em geral, as minerações de argila apresentam operações de lavra condicionadas a diversos fatores, tais como a situação topográfica do depósito, distribuição espacial das camadas de argila, características físicas do material, escala de produção, nível de investimento e cuidados ambientais.

De forma geral, as minerações são conduzidas a céu aberto, envolvendo as etapas de retirada da vegetação e decapeamento, seguidas por desmonte mecânico ou por explosivos (dependendo da dureza da rocha ou camada), usando uma ou mais bancadas. Quando lavrados por desmonte mecânico, os depósitos minerais localizados nas encostas dos morros utilizam, principalmente, escavadeiras hidráulicas sobre esteiras e, em alguns casos, carregadeiras sobre rodas, podendo ainda ser auxiliadas por carregadeiras de esteiras e tratores sobre rodas. Jazidas de camadas horizontais de pequena profundidade em subsuperfície são mineradas por escavadeiras hidráulicas e podem contar com carregadeiras no serviço de apoio. O avanço das lavras em encosta ou com aprofundamento em cava pode atingir desníveis de escavação de até 20 metros.

Na maior parte das minerações, as máquinas que realizam a escavação mecânica também são responsáveis pelo carregamento das unidades de transporte do material escavado. Há situações em que o minério e seu capeamento apresentam-se compactados para escavação direta e, nesses



Aspater / Eduardo Viana

casos, pode ser necessário o desmonte com explosivos na fragmentação do material para proceder ao seu carregamento e transporte.

As operações mineiras restringem-se à extração de argilas, comercializadas *in natura* e com carregamento e expedição feitos diretamente na frente de lavra ou a partir de pilhas de estocagem. Geralmente, os processos de homogeneização, sazonalidade (com permanência da pilha de argila ao relento por alguns meses, para melhoria da trabalhabilidade da massa cerâmica) e composição de misturas de matérias-primas são realizados no pátio das cerâmicas.

Eventualmente, algumas mineradoras podem agregar etapa de beneficiamento como secagem ao ar livre, homogeneização e cominuição de argilas (com operações de britagem – em um ou mais estágios, com tipos diferentes de britadores –, peneiramento e moagem), formação de pilhas de estocagem e blendagem para composição de massa cerâmica, o que ocorre junto a algumas fábricas mais estruturadas de cerâmica vermelha e no setor de revestimentos cerâmicos.

Dados do DNPM apresentam o seguinte cenário para a produção comercializada das várias tipologias de argila no estado e no Brasil em 2014:

**Tabela 1:  
Produção  
comercializada  
em 2014**

Substância	Produção Bruta		Produção Beneficiada		Valor Total SP (R\$)
	Quantidade (t)	Valor (R\$)	Quantidade (t)	Valor (R\$)	
Argilas comuns	14.178.618	121.588.410	1.430.207	22.828.518	<b>144.416.927</b>
Argilas plásticas	55.522	8.662.061	1.220	160.206	<b>8.822.268</b>
Argilas refratárias	22.966	798.495	-	-	<b>798.495</b>
Bentonita e argilas descorantes	19.885	625.74	45.229	7.895.268	<b>8.521.012</b>
<b>Total SP</b>	<b>14.276.991</b>	<b>131.674.709</b>	<b>1.476.656 t</b>	<b>30.883.993</b>	<b>162.558.702</b>

Fonte: DNPM (2016)<sup>4</sup>

Segundo dados do setor cerâmico, divulgados pela Anicer e Aspacer<sup>5</sup>, a produção de argilas comuns no Estado de São Paulo em 2014 foi de 40 milhões de toneladas; desse total, cerca de 9 milhões, o que equivale a 22%, foram utilizadas em cerâmicas de revestimento; e o restante, 31 milhões de toneladas, na produção de cerâmica estrutural. Esses valores excluem o consumo de argilas plásticas e refratárias, bem como outros usos das argilas comuns (como, por exemplo, na fabricação de cimento).

### Usos e mercado consumidor

Com uma produção diversificada, contemplando praticamente todos os segmentos da indústria cerâmica tradicional de base silicática, o Estado de São Paulo concentra uma parcela importante desse setor industrial brasileiro, sendo que os grandes destaques são para os produtos de cerâmica vermelha, revestimentos e sanitários. Atualmente, o parque industrial paulista é responsável por cerca 70% dos revestimentos, 50% das louças sanitárias e 20% das cerâmicas vermelhas do total produzido no país. Conta também com a fabricação de uma gama variada de materiais refratários, cerâmica branca (louça de mesa, isoladores elétricos, cerâmica artística), isolantes térmicos e fritas e corantes. Por sua vez, essa indústria é responsável por uma demanda expressiva de insumos minerais, sendo a argila o principal componente das massas cerâmicas.





Shutterstock.com

Tipo	Usos principais
<b>Argilas comuns</b>	Cerâmica estrutural - blocos de vedação e estruturais, telhas, tijolos maciços, elementos vazados, tubos e ladrilhos, lajes para forro, lajotas, vasos ornamentais, utensílios de uso doméstico (filtros, panelas) e adorno.
	Cerâmica de revestimento - pisos e revestimentos (extrudados/pre-sados), pastilha, porcelanato, grês, lajotão e lajotas.
	Outras aplicações - cimento e agregado leve.
<b>Argilas plásticas</b>	Louça sanitária - (fabricação de bacias, caixas d'água, bidês, lavatórios, colunas, mictórios, tanques de lavar roupas e acessórios). Louça de mesa, isoladores elétricos para alta e baixa tensão, cerâmica artística, cerâmica técnica para indústria química, elétrica, térmica e mecânica.
<b>Argilas refratárias</b>	Materiais refratários sílico-aluminosos e aluminosos - bases, blocos, placas, bicos, cadinhos, filtros, velas.
<b>Bentonitas e argilas descorantes</b>	Descoramento e recuperação de óleos industriais e vegetais, como aglomerante em moldes de fundição, agente hidrocópio (antiaglomerante) em fertilizantes, clarificante de óleos e gorduras na fabricação de sabonetes, e impermeabilizante na produção de tintas e vernizes. Uso como fluidos/lamas de perfuração de petróleo e gás, aglomerante de areias de moldagem usadas em fundição, pelletização de minério de ferro, clarificação de bebidas, construção civil (paredes contínuas/impermeabilizante de solos), absorvente sanitário para animais de estimação, carga mineral em produtos farmacêuticos e tintas, esmaltes e vernizes, pesticidas, rações animais, produtos cosméticos e outros, agente plastificante para produtos cerâmicos.
<b>Outros usos</b>	Cerâmicas de alta tecnologia/Cerâmica avançada - naves espaciais, satélites, usinas nucleares, materiais para implantes em seres humanos, aparelhos de som e de vídeo, suporte de catalisadores para automóveis, sensores (umidade, gases e outros), ferramentas de corte, brinquedos.

**Tabela 2:**  
**Principais**  
**usos da**  
**argila**



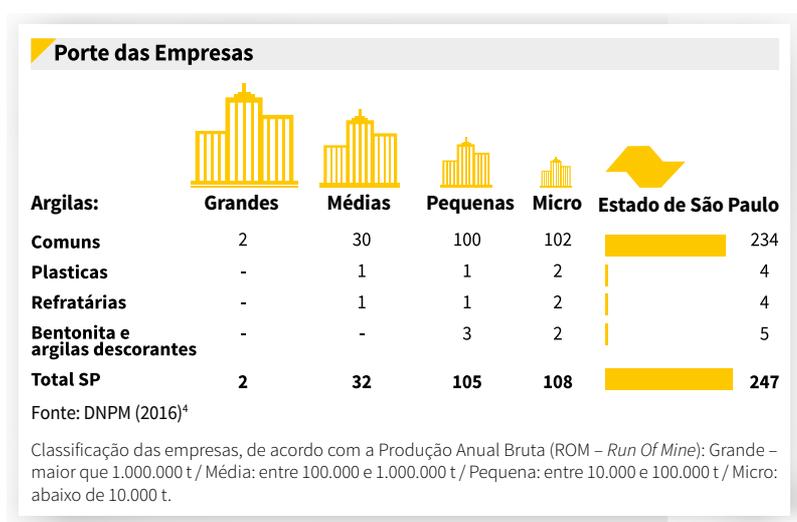
## Desempenho econômico setorial

**Cerâmica estrutural** - Trata-se de um setor com uma estrutura empresarial bastante diversificada, onde coexistem pequenos empreendimentos familiares artesanais (olarias), cerâmicas de pequeno e médio-porte, com deficiências de mecanização e gestão, e empreendimentos de médio a grande porte (em escala de produção) de tecnologia mais avançada, operando com processos mais automatizados. O Estado de São Paulo representa cerca de 20% da produção nacional e estima-se que seu faturamento anual possa atingir cerca de R\$ 4 bilhões. Neste setor, destaca-se a existência da **Incoesp** – Cooperativa das Indústrias Cerâmicas do Oeste Paulista – consolidando a primeira cooperativa brasileira do setor.

**Cerâmica de revestimento** - O Brasil é o 2º maior produtor e consumidor mundial de placas cerâmicas. Situa-se apenas atrás da China e superou concorrentes tradicionais como Espanha e Itália, que até alguns anos atrás dominavam o setor. No comando da produção brasileira, o Estado de São Paulo alcançou, em 2015, a produção de 641 milhões de metros quadrados de placas cerâmicas, o que significou um faturamento de R\$ 4,7 bilhões. O grande destaque é o Polo de Santa Gertrudes, maior polo cerâmico das Américas, que produziu 577 milhões de m<sup>2</sup>, o que equivale a 90% da produção paulista e 64% da produção brasileira (em quantidade). O consumo anual estimado de argilas situa-se em torno de 8,5 milhões de toneladas, sendo suprido por cerca de 30 minerações.

**Cerâmica sanitária** - Inicialmente concentrada na região sudeste, a estrutura produtiva passou, nas últimas duas décadas, por um processo de descentralização chegando a 18 fábricas em operação atualmente, distribuídas em oito estados. Até recentemente, a participação no mercado era dividida por empresas de capital estrangeiro e nacional. Essa situação alterou-se a partir dos últimos anos, quando aquisições de unidades fabris pela empresa líder no Brasil (Deca) consolidaram a maior participação do capital nacional no mercado (60%). Com cinco unidades, o estado lidera a produção nacional.

O mercado paulista desses produtos é atendido por 247 empreendimentos de mineração<sup>4</sup>, conforme mostra a figura 1.



**Figura 1:**  
Porte das empresas em 2014

## Responsabilidade socioambiental

Parte importante das minerações ainda carece de práticas mais adequadas de controle e recuperação ambiental. Se as cavas individuais configuram degradações restritas, a aglomeração de empreendimentos em certas regiões tem provocado um impacto cumulativo considerável, resultando em processos de desmatamento, assoreamento de drenagem, formação de pequenos lagos, pilhas abandonadas de argila e de material estéril e taludes expostos sujeitos à erosão.

**Otimização de água** – As empresas do segmento de revestimentos cerâmicos do estado consomem de 80 a 100 m<sup>3</sup> de água/hora para produzir 60 milhões de m<sup>2</sup> de revestimentos/mês, nos processos de moagem de argila, granulação da massa e esmaltação. Para a otimização e conservação desse importante recurso, a maioria das indústrias utiliza-se do reaproveitamento, com o processo acontecendo em sistema fechado: a água residual é recolhida em canaletas, com posterior separação dos sólidos, que são novamente incorporados à massa. A água, após o tratamento, é reutilizada em serviços internos e no reaproveitamento do processo. Com esse procedimento, iniciado há seis anos, houve redução de 50% do uso de água.

# CASE

## PROJETO SUSTENT'ARTE "ARTE COM RESÍDUOS DAS CERÂMICAS DE REVESTIMENTO"

Esse projeto é de iniciativa do Sincer/Aspacer, Sesi e Prefeituras de Santa Santa Gertrudes e Cordeirópolis, com o principal objetivo de promover pesquisa, criação e desenvolvimento de peças artesanais a partir de reaproveitamento dos resíduos da indústria cerâmica de revestimento, por meio da produção de artigos personalizados e com qualidade. Atua na área de responsabilidade socioambiental, promovendo consciência da adoção de atitudes responsáveis, em busca da sustentabilidade, envolvendo pessoas e gerando renda para os participantes das oficinas artísticas.

Conquistou em anos consecutivos (2015/2016) o 2º lugar no Prêmio Melhores Práticas da Rede APLMineral. A Rede Brasileira de Informação de Arranjos Produtivos Locais de Base Mineral) que é uma iniciativa da Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do Ministério de Ciência e Tecnologia em parceria com a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia.

O mesmo projeto conquistou o 2º lugar no Prêmio Fiesp Melhores Práticas Sindicais 2014, na categoria Responsabilidade Socioambiental, em que foram inscritos 188 projetos, divididos em cinco categorias; desses, 25 trabalhos foram escolhidos, entre eles o Sustent'Arte. Em junho de 2014, o Sustent'Arte conquistou o 8º lugar entre 76 projetos de práticas socioambientais no Brasil no Bench Day, evento que apresenta os detentores das melhores práticas socioambientais.



Aspacer / Eduardo Viana

## PROJETO "CONSITEC" – CERÂMICA PARA REVESTIMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E COMPETITIVIDADE

O setor de revestimentos cerâmicos recebeu apoio de um projeto submetido ao programa de Consórcios Setoriais para Inovação Tecnológica (Consitec), da Fapesp, que reuniu pesquisadores do Centro Cerâmico do Brasil (CCB) e de um conglomerado de empresas do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes, além de pesquisadores de universidades e institutos de pesquisa. Com foco no desenvolvimento da indústria local, o projeto introduziu inovação e capacitação de pessoal nas fábricas a fim de melhorar a qualidade e a competitividade da cerâmica do estado, articulado com 20 fábricas paulistas, contemplando sete linhas de pesquisa, desde inovações na área de ensaios para avaliação de produtos até estudos em tecnologia de assentamento de placas cerâmicas. Um dos principais benefícios do Projeto "Consitec", que teve investimentos de R\$ 586 mil num período de sete anos por parte da Fapesp e igual valor das empresas, foi proporcionar uma melhora significativa da qualidade da cerâmica paulista. O número de empresas do Polo Cerâmico de Santa Gertrudes com produtos de qualidade certificados chegou a 20 em 2008, o dobro de sete anos antes. No mesmo período, a quantidade de fábricas com sistema de qualidade certificado pela norma ISO 9001 passou de 4 para 13. Além do aumento da qualidade e da certificação dos produtos, as indústrias paulistas também passaram a fabricar um volume maior de peças de porcelanato.

### NOTAS

---

1. MOTTA, J. F. M. et al. Características do polo de revestimentos cerâmicos de Santa Gertrudes – SP, com ênfase na produção de argilas. *Rev. Cerâmica Industrial*, v. 9, n. 1, p. 1-16, jan./fev. 2004.
2. CABRAL JÚNIOR, M. et al. Panorama da indústria cerâmica de sanitários no Brasil. *Rev. Cerâmica Industrial*, v. 15, n. 5-6, p. 12-18, set./dez. 2010.
3. CABRAL JUNIOR, M. et al. Argilas para cerâmica vermelha. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. (Ed.). *Rochas e minerais industriais: usos e especificações*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2009. v. 1, p. 747-770.
4. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Anuário mineral estadual – São Paulo 2015 – ano base 2014*. Brasília: DNPM, 2016. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral-estadual/anuario-mineral-estadual-sao-paulo-2015-ano-base-2014>>.
5. CABRAL JUNIOR, M.; TANNO, L. C.; ALBARELLI, D. A. Caracterização geológica e tecnológica dos polos cerâmicos do Estado de São Paulo, Brasil. *Rev. Comunicações Geológicas*, 101, especial II. p. 757-760. Disponível em: <[http://www.Ineg.pt/download/9647/33\\_2848\\_ART\\_CG14\\_ESPECIAL\\_II.pdf](http://www.Ineg.pt/download/9647/33_2848_ART_CG14_ESPECIAL_II.pdf)>.



## Capítulo 3.7

# OUTROS MINERAIS INDUSTRIAIS

Além dos minerais argilosos, outros produtos são de grande importância para o setor mineral e para o parque consumidor industrial do Estado de São Paulo, tais como: **caulim, feldspato, nefelina sienito, filito e talco.**

### Histórico

**Caulim:** a primeira utilização industrial do caulim foi na fabricação de artigos cerâmicos e de porcelana, há mais de 3 mil anos, na região montanhosa de Jauchou Fu, na China, mais especificamente no Monte Kauling. É também conhecido em língua inglesa como China Clay. No Estado de São Paulo, apenas no século XX é que teve início sua aplicação na indústria da borracha, sucedida pela indústria de papel a partir de 1920 e depois para os demais usos industriais<sup>1</sup> com a exploração de jazidas de caulim e quartzo na periferia de São Paulo (Sacomã, Guarulhos, Mauá e Mogi das Cruzes). Outro fato marcante foi a descoberta das jazidas de caulim na região de Mogi das Cruzes, casualmente, por um plantador de batatas japonês que tentava se defender da seca e, ao fazer furos na busca por água, encontrou esse bem mineral, na década de 60.

**Feldspato:** desde a década de 40 existia produção de feldspato na região de Perus-SP para abastecimento da indústria cerâmica, com realização apenas de uma moagem rudimentar. Na década de 50, expandiram para atendimento às indústrias de porcelana sanitária, elétrica e doméstica, com a produção de mais de 3 mil toneladas de feldspato por mês<sup>2</sup>. A produção de feldspato foi encerrada nesse município com a construção do Rodoanel Mário Covas, cujo traçado impôs a paralisação da atividade. A região de Jundiá e Itupeva é, atualmente, a grande fornecedora de areia e rocha feldspática do estado.

**Nefelina-Sienito:** a mineração dessa substância mineral foi iniciada na região de Lavrinhas, Vale do Paraíba, apenas a partir de 2005.



Revista Brasil Mineral



**Filito:** há registro de extração de filito para indústria cerâmica desde a década de 50 na região de Itapeva. Na década de 80, o uso do filito foi ampliado para a construção (argamassa) e também para o segmento de adubos e ração mineral.

**Talco:** quando a indústria cerâmica precisou de materiais alternativos para aumento da produção sem grande consumo de combustível, nos idos da década de 70, a utilização de talco foi intensificada, proporcionando a redução dos tempos de queima. Atualmente, o mineral é também utilizado para garantir um acréscimo de qualidade das matérias-primas e como lubrificante no processo de prensagem na fabricação da cerâmica. Posteriormente, o talco começou a perder valor como matéria-prima utilizada para isolamento térmico, ampliando seu uso como carga mineral e outras aplicações específicas.

## Caulim

**Origem da matéria-prima:** materiais argilosos, cuja fração fina é composta essencialmente de argilominerais do grupo da caulinita, geralmente com baixo teor de ferro e de coloração esbranquiçada.

Os depósitos de caulim podem ser classificados em residual, hidrotermal ou sedimentar. Os caulins residuais são originados a partir da transformação intempérica de rochas ricas em minerais, como feldspato, e pobres em ferro. Já os hidrotermais são gerados a partir de eventos dinâmico-termais de natureza tectônica, concentrando-se no Proterozoico. E o tipo sedimentar possui similaridades genéticas com as argilas plásticas para cerâmica branca, desenvolvendo-se em ambientes lacustres e aluviais. No Estado de São Paulo, as principais reservas de caulim são de natureza residual e, em geral, estão associadas à alteração de rochas pegmatíticas e graníticas do embasamento cristalino pré-cambriano.

Em função de suas propriedades físico-químicas, o caulim constitui um dos minerais industriais mais versáteis, com destaque para o uso na fabricação de papéis, cerâmica e carga mineral.

**Lavra e beneficiamento:** as minas de caulim operam a céu aberto, com método de lavra por desmonte hidráulico. O processo de beneficiamento nas plantas mais estruturadas inclui etapas de dispersão, separação da fração grossa (areia), fracionamento em hidrociclone ou centrífuga, alveijamento, decantação, filtro-prensagem e secagem.

As áreas produtoras de caulim no estado estão situadas na Região Metropolitana de São Paulo, que inclui a capital, Mogi das Cruzes, Embu-Guaçu, Juquitiba e Suzano, além de Tapiraí.

**Usos e mercado consumidor:** o caulim produzido no estado é empregado, principalmente, como carga mineral para papel, fibra de vidro e indústrias químicas, e como matéria-prima em indústrias cerâmicas (louça sanitária e revestimentos).

**Desempenho econômico setorial:** cerca de 10 minerações compõem o mercado produtor de caulim no estado, com produção em pequena escala. A demanda paulista é completada por caulins provenientes das regiões Norte e Nordeste do país. Tendência importante verificada mais recentemente é a implantação de centrais de massa, que produzem uma mistura dosada de substâncias minerais (caulins e argilas plásticas de queima clara), agregando tecnologia e valor ao produto mineral e atendendo de forma mais eficiente o mercado consumidor cerâmico.

## Filito

---

É uma rocha metamórfica, estratificada, de granulação fina e composição mineralógica constituída por caulinita, sericita e quartzo. O principal uso dos filitos, especialmente da variedade branca (leucofilito), ocorre na indústria cerâmica, tendo outras aplicações como carga mineral inerte, caso de inseticidas e defensivos agrícolas, e argamassas para a construção.

**Lavra e beneficiamento:** as minas de filito operam a céu aberto, com lavra por escavação mecânica. Em algumas frentes, o desmonte pode exigir o uso de explosivos. Quase a totalidade da produção é ofertada ao mercado de forma beneficiada, que inclui basicamente etapas de secagem, cominuição em diferentes granulometrias (dependendo do tipo de aplicação) e pilhas de homogeneização.

A produção concentra-se no sul do estado, em Nova Campina e Itapeva. Conta ainda com lavras nas proximidades da capital, em Pirapora do Bom Jesus, Santana do Parnaíba e Araçariguama, além de Piedade.

**Usos e mercado consumidor:** os principais consumidores de filito são as indústrias cerâmicas, de construção e segmentos da indústria química. Para a indústria cerâmica é uma importante matéria-prima fundente, que reduz a temperatura de queima das peças, principalmente para a indústria de louça sanitária e revestimentos. Na construção, o filito é utilizado na produção de argamassas. Como carga mineral inerte, seu uso ocorre em borrachas, inseticidas, rações e fertilizantes.

**Desempenho econômico setorial:** o mercado produtor de filito é compartilhado por cerca de 15 minerações no estado, a maior parte operando minas de micro e pequenas escalas de produção. No entanto, o número relativamente expressivo de empreendimentos fez com que a comercialização anual dessa matéria-prima chegasse a 1 milhão de toneladas em 2014. Segmentos consumidores importantes, como o de revestimentos cerâmicos e de argamassas, vêm impulsionando o crescimento da produção, que apresentou uma expansão de 28% no quadriênio 2010–2014<sup>3,4</sup>.

## Feldspato

---

Grupo de minerais constituídos de silicatos de alumínio com diferentes proporções de potássio, sódio e cálcio, utilizados na indústria cerâmica e vidreira como fonte de alumina e elementos alcalinos.

No Estado de São Paulo, os pegmatitos e rochas graníticas são as principais fontes de feldspato, mas estão em produção apenas os de origem granítica.

**Lavra e beneficiamento:** o feldspato produzido no estado é proveniente do beneficiamento de rochas graníticas. A comercialização é feita com a rocha britada (pedrisco) e o concentrado feldspático (areia feldspática). Similarmente às pedreiras, a lavra, quando em rocha fresca, é feita por desmonte com explosivos (Jundiaí); e em casos de exploração de mantos de rochas alteradas intempericamente, o desmonte é por escarificação (Sorocaba). O beneficiamento é a seco, envolvendo etapa de britagem (caso do granito fresco), moagem e separação magnética de ferro.

As minerações estão instaladas em Sorocaba, Jundiaí e Mogi das Cruzes, com uma unidade de beneficiamento em Itupeva.

**Usos e mercado consumidor:** os produtos em graus variados de pureza atendem os mercados do setor cerâmico – louça sanitária, revestimentos, fritas para esmaltes e aditivo em engobes, além da indústria vidreira.

**Desempenho econômico setorial:** Poucas empresas participam do mercado produtor de feldspato no estado, cujo consumo cresceu de forma expressiva nos últimos dez anos. Fato importante é o início da produção de areia feldspática a partir do resíduo fino de britagem em pedreira da Região Metropolitana de São Paulo.



Shutterstock.com

## Nefelina-sienito

---

Rocha magmática, sem quartzo, que, além de feldspato e minerais portadores de ferro, tem como constituinte a nefelina, um feldspatoide - variedade de feldspato, mais pobre em sílica e mais rica em álcalis, que constitui matéria-prima substituta ao feldspato em seus vários usos, notadamente na indústria vidreira.

**Lavra e beneficiamento:** a mineração de nefelina sienito é feita a céu aberto, com desmonte por explosivo. O beneficiamento é a seco, envolvendo etapas de cominuição (britagem e moagem) e separação magnética de ferro, com produção de um concentrado feldspático.

**Usos e mercado consumidor:** os concentrados de feldspato a partir do nefelina-sienito em graus variados de pureza atendiam até 2014 os mercados da indústria vidreira e cerâmica.

**Desempenho econômico setorial:** as operações da mina de nefelina-sienito em Lavrinhas encontram-se paralisadas desde 2015.



## Talco

---

O talco é um silicato hidratado de magnésio, de estrutura lamelar, considerado o mineral mais macio e com menor dureza encontrado no planeta. Características como inércia química, poder lubrificante, fundência, resistência a choques térmicos, baixa condutividade térmica e acústica conferem-lhe ampla gama de utilização. Essa polivalente substância aparece na natureza como mineral secundário, formado pelo metamorfismo de baixa temperatura ou hidrotermalismo (reação química por soluções aquecidas) sobre rochas ricas em magnésio. A produção ocorre no sul do estado, nas cidades de Nova Campina e Bom Sucesso de Itararé.

**Lavra e beneficiamento:** a mineração de talco é feita a céu aberto, com desmonte mecânico. O talco pode ser comercializado bruto ou beneficiado, envolvendo etapas de classificação e lavagem, secagem e moagem para redução do minério em granulometrias específicas para atendimento das especificações de uso.

**Usos e mercado consumidor:** o talco constitui um mineral industrial versátil, portanto aproveitado em grande diversidade de misturas, empregado como matéria-prima cerâmica e carga mineral em produtos variados, atendendo demandas como da borracha, produtos asfálticos, tintas, entre outros.

**Desempenho econômico setorial:** a produção estadual de talco em 2014 ultrapassou as 100 mil toneladas, provenientes de duas minas de pequeno porte, no sul do estado.



## Produção

Dados do DNPM<sup>3</sup> apresentam o seguinte cenário para a produção comercializada desses minerais no estado em 2014:

Comercializada	Produção Bruta		Produção Beneficiada		Valor Total (R\$)
	Quant.(t)	Valor(R\$)	Quant.(t)	Valor(R\$)	
<b>Caulim</b>	10.612	187.000	92.349	25.953.641	<b>26.140.642</b>
<b>Filito</b>	10.817	367.483	935.165	28.565.876	<b>28.933.359</b>
<b>Feldspato (*)</b>	-	-	1.407	449.469	<b>449.469</b>
<b>Nefelina-sienito</b>	-	-	12.350	2.305.028	<b>2.305.028</b>
<b>Talco</b>	36.053	1.697.867	72.728	7.845.103	<b>9.542.970</b>

Fonte: DNPM (2016)<sup>4</sup>

(\*) Esses dados captam somente a produção da região de Sorocaba e deixam de fora a maior parte da produção paulista de rocha e areia feldspática de Jundiaí e Itupeva.

**Tabela 1:**  
**Produção**  
**comercializada**  
**em 2014**

### NOTAS

1. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. Caulim. In: *Economia mineral do Brasil*. Brasília: DNPM, 2009. p. 474-483.
2. PECICACCO, F. *Mineração*. 2016. Disponível em: <[http://www.fiorellipecicacco.com.br/as\\_pedreiras\\_7.html](http://www.fiorellipecicacco.com.br/as_pedreiras_7.html)>.
3. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Anuário mineral estadual – São Paulo 2015 – anos base 2010 a 2013*. Brasília: DNPM, 2016a. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral-estadual/anuario-mineral-estadual-sao-paulo-anos-base-2010-a-2013>>.
4. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Anuário mineral estadual – São Paulo 2015 – ano base 2014*. Brasília: DNPM, 2016b. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral-estadual/anuario-mineral-estadual-sao-paulo-2015-ano-base-2014>>.



## Capítulo 3.8

# ROCHAS ORNAMENTAIS

O mercado brasileiro produz grande variedade de rochas para uso ornamental ou revestimento, como granitos, mármore, travertinos, ardósia, quartzitos, pedra-sabão, conglomerados, serpentinitos, basaltos, arenitos e outros tipos comercializados no Brasil e no exterior.

O Estado de São Paulo produz particularmente granitos e similares, comercialmente conhecidos como Vermelho Capão Bonito, Vermelho Bragança, Azul Fantástico, Preto Piracaia, Marrom São Paulo, Azul Paulista, entre outros.

### Histórico

Mundialmente, a utilização de rochas para fins ornamentais está registrada desde a história antiga, especialmente nas civilizações egípcia, mesopotâmica e romana em edificações e monumentos. A Revolução Industrial impulsionou o consumo em consequência do aprimoramento da tecnologia, com a mecanização dos processos de extração e beneficiamento. A ampliação do uso desses materiais se deu recentemente, após a difusão do conceito de sofisticação arquitetônica por meio do desenvolvimento de trabalhos de design de interiores.

No Brasil, a extração de rochas ornamentais em escala industrial foi iniciada no final da década de 50, quando os estados de Minas Gerais e Espírito Santo começaram a exploração e a extração de mármore. Aos poucos, a produção se estendeu para as rochas graníticas que, devido às suas qualidades físicas e variedades de textura e cor, ganharam um espaço significativo no mercado, inclusive internacional, na década de 80.

A partir de 1990, o Brasil experimentou um notável adensamento de atividades em todos os segmentos da cadeia. Os principais avanços foram decorrentes do aumento das exportações, que evidenciaram uma evolução qualitativa com as vendas de rochas processadas semiacabadas, e quantitativa com a evolução das exportações de 900 mil toneladas em 1997 para 2,5 milhões de toneladas em dez



Shutterstock.com



anos. Em 2006, o Brasil era o 4º maior produtor e exportador mundial, superando vários produtores europeus tradicionais e notabilizando-se pela excepcional geodiversidade para materiais silicáticos (granitos e similares) e silicosos (quartzitos e similares).

A partir de 2008, com a crise nos EUA e recessão da economia mundial, a produção e exportações brasileiras recuaram, mas houve expressivo aquecimento no mercado imobiliário<sup>1</sup>. Em 2011, o Brasil se tornou o principal fornecedor do mercado americano; no ano seguinte, houve aumento da participação de rochas processadas; em 2013 grandes vendas para a China e incremento na tecnologia do beneficiamento. E em 2014 e 2015 houve desaquecimento no consumo interno, mas manutenção das exportações.

### **Origem das matérias-primas**

---

As rochas ornamentais e de revestimento, também designadas pedras naturais, rochas lapídeas, rochas dimensionais e materiais de cantaria, compreendem os materiais geológicos naturais que podem ser extraídos em blocos ou placas, cortados em formas variadas e beneficiados por meio de esquadrejamento, polimento, lustro ou outras técnicas<sup>2</sup>.

A geologia do Estado de São Paulo é bastante favorável para a ocorrência de tipos atrativos de rochas ornamentais e para revestimento. As que ocorrem nas porções aflorantes do embasamento cristalino caracterizam-se por reunir os tipos ígneos e metamórficos mais utilizados comercialmente<sup>3</sup>. São observadas, principalmente, rochas graníticas com padrão estético clássico comum nas regiões de Itu, Bragança Paulista, Grande São Paulo e Capão Bonito. Outras regiões do estado que apresentam reservas minerais potenciais são Sorocaba-Ibiúna, São João da Boa Vista-Mococa, Vale do Ribeira e Faixa Litorânea.

Do ponto de vista comercial, as rochas ornamentais e de revestimento são subdivididas em granitos e mármore. Como granitos, enquadram-se, genericamente, as rochas silicáticas, enquanto os mármore englobam, *lato sensu*, as rochas carbonáticas. Outros tipos litológicos, incluídos no campo das rochas ornamentais, são os quartzitos, serpentinitos, travertinos, calcários e ardósias, também muito importantes setorialmente<sup>4</sup>, incluídos nos grupos de rochas silicosas, síltico-argilosas e ultramáficas.

As reservas minerais de rochas ornamentais do Estado de São Paulo para 2014, conforme o DNPM, são indicadas abaixo:

Substância	Medida (t)	Indicada (t)	Inferida (t)	Lavrável (t)
Ardósia	2.910.167	6.020.932	3.858.105	-
Arenito ornamental	1.315.468	610.272	764.694	1.315.468
Rochas ornamentais (Granitos, gnaisses e afins)	133.598.422	214.708.464	136.974.551	40.043.069
Rochas ornamentais (Mármore e afins)	627.570	-	-	54.600
<b>TOTAL SP</b>	<b>138.451.627</b>	<b>221.339.668</b>	<b>141.597.350</b>	<b>41.413.137</b>

Fonte: DNPM (2016)<sup>5</sup>

**Tabela 1:**  
**Reservas**  
**minerais**  
**em 2014**

A quantidade de reservas não é tão importante como a qualidade. Como materiais aproveitados em volume, pequenas reservas de rochas ornamentais permitem longos períodos de exploração. Por exemplo, um maciço com apenas 100x100x50 m, desmontado a uma razão de 1.000 m<sup>3</sup>/mês, tem reservas suficientes para mais de 40 anos de atividade.

### Etapas do processo produtivo

A extração de rochas ornamentais é feita em pedreiras a céu aberto, em cava, em flanco ou por aproveitamento de matacões<sup>6</sup>, nas seguintes etapas:

- *Isolamento dos volumes primários na frente de lavra, de acordo com a direção dos veios e fraturas, e a valorização dos diferenciais da rocha – movimentações, presença de minerais, tonalidades;*
- *Desdobramento em volumes secundários (filões, prancha ou quadrote);*
- *Tombamento de filões/painéis;*
- *Esquartejamento de blocos;*
- *Movimentação e carregamento.*

A extração de blocos é feita, predominantemente, com uso de fios diamantados, um grande avanço tecnológico, ambiental e na saúde dos trabalhadores. Pode haver também a combinação com uso de marteletes a úmido ou uso de monofio para corte de painéis para obtenção de blocos mais uniformes e angulares.

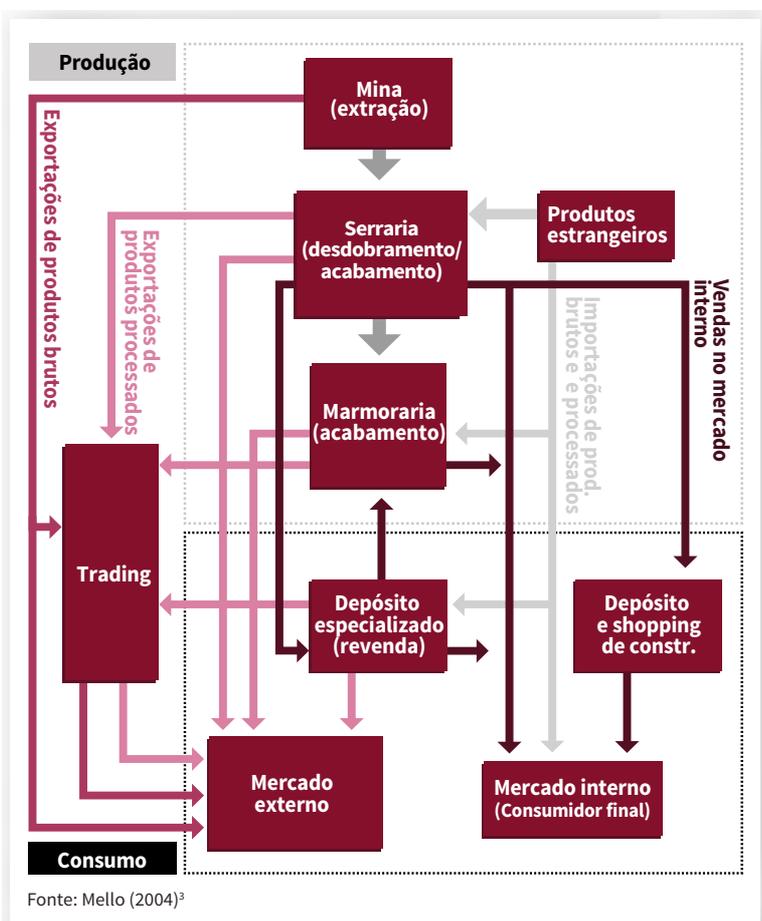
Os blocos extraídos nas pedreiras têm volume variável entre 5 m<sup>3</sup> e 8 m<sup>3</sup>, podendo atingir até 12 m<sup>3</sup>. Materiais com alto valor comercial permitem, no entanto, o aproveitamento de blocos a partir de 1 m<sup>3</sup>, sobretudo por meio da serragem em talha-blocos. Posteriormente, o bloco é enviado para corte e desdobramento por serragem em chapas e produtos semiacabados, com uso predominante de teares

de multifios diamantados, com corte mais rápido, menores custos, maior produtividade, melhor aproveitamento de partes das rochas e menor geração de resíduos (em relação à tecnologia anterior – teares convencionais). As chapas são, então, submetidas a acabamento (polimento e resinagem), corte, recorte e preparação de produtos finais, em geral em marmorarias.

A tecnologia do parque brasileiro de beneficiamento de chapas, com a substituição dos teares multilâmina por teares multifio diamantados, ocasionou, em 2012, o aumento da participação brasileira em rochas processadas nas exportações do setor<sup>1</sup>.

A figura 1 ilustra toda a cadeia produtiva e comercial de rochas ornamentais<sup>3</sup>.

**Figura 1:**  
Cadeia produtiva  
das rochas  
ornamentais





Os dados oficiais de produção comercializada em São Paulo são:

Substância	Bruta		Beneficiada	
	Quantidade (t)	Valor (R\$)	Quantidade (t)	Valor (R\$)
Arenito ornamental	24.664	4.097.391	-	-
Granitos, gnaisses e afins	12.349	1.042.037	4.170	5.839.190
Outras rochas ornamentais	3.501	204.443	-	-
<b>TOTAL SP</b>	<b>40.514</b>	<b>5.343.871</b>	<b>4.170</b>	<b>5.388.555</b>

Fonte: DNPM (2016)<sup>5</sup>

**Tabela 2:**  
**Produção**  
**comercializada**  
**em 2014**

O Estado de São Paulo é o 14º produtor nacional<sup>1</sup>, com cerca de 1% da produção brasileira, mas ocupa importante posição no beneficiamento de blocos, serragem e polimento de chapas, além do acabamento em marmorarias (70% do total nacional).

### Usos e mercado consumidor

As rochas ornamentais são materiais utilizados por arquitetos, construtores e urbanistas em revestimentos de ambientes internos e externos (paredes, pisos, pilares, colunas, soleiras), em fachadas prediais, também sendo usados em cozinhas e banheiros (pias, bancadas e soleiras) e como adornos em peças isoladas, como esculturas, tampos e pés de mesa, balcões, além de ter uma grande utilização em artes funerárias, especialmente os materiais de cor escura.

Atualmente, as indústrias de beneficiamento no Brasil possuem condições técnicas e instrumentais para a produção de bens semimanufaturados, tais como chapas polidas, ladrilhos padronizados, colunas, mosaicos, objetos de adorno em quantidade e qualidade competitivas no cenário internacional ou, ainda, para a produção de bens manufaturados de acabamento.

O uso de mármore e granitos em edificações em geral foi motivado por suas características atenderem especificações buscadas pelos construtores nos materiais de construção com aplicações em revestimentos, quais sejam: resistência, durabilidade, baixo custo de manutenção, valor estético, facilidade de aplicação, preço, utilização, disponibilidade, propriedades físico-químicas, diferenças na aparência (cores, tonalidades, padrões, texturas, tamanho dos grãos e grau de movimentação) e uso final pretendido.

O consumo interno aparente de rochas ornamentais e de revestimento no Brasil em 2013 foi de 78 milhões de metros quadrados<sup>1</sup>. O Estado de São Paulo ocupa o 1º lugar no consumo interno brasileiro, com 45% do total em 2013, equivalente a 35,1 milhões de metros quadrados.

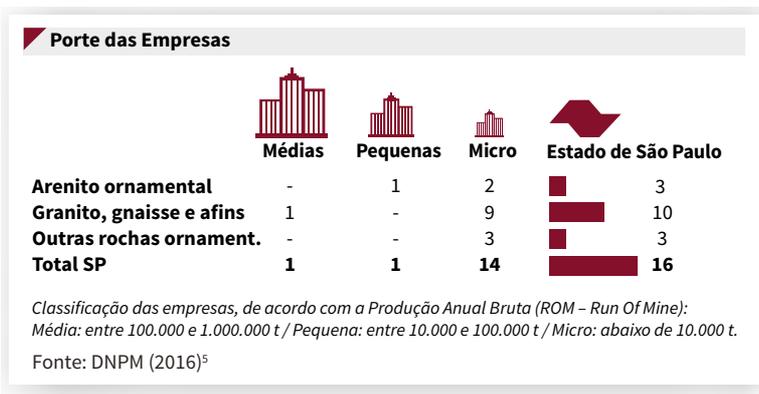
### Desempenho econômico setorial

O Brasil é o 3º maior exportador mundial de ardósia (depois da Espanha e China) e o 2º maior exportador de blocos de granito (depois da Índia). É também o 1º maior fornecedor geral de rochas para os Estados Unidos e, especificamente, de chapas de granito para esse mercado. Os cinco principais países de destino das exportações de rochas brasileiras, em faturamento, são: EUA, China, Itália, Canadá e México. Entre os negócios domésticos e de exportação, estima-se que a indústria brasileira de rochas ornamentais gerou transações comerciais superiores a US\$ 5 bilhões em 2014.

O mercado paulista tornou-se um grande distribuidor de rochas naturais e, principalmente, aglomeradas (*limestone, silestone* etc.) e artificiais (*marmoglass, nanoglass* etc.).

Atualmente, estão em operação apenas 16 empreendimentos de mineração.

**Figura 2:**  
Porte das  
empresas  
em 2014



### Responsabilidade socioambiental

Devido ao impacto provocado pela geração de resíduos nos processos de extração e beneficiamento das rochas ornamentais, observa-se uma crescente preocupação no desenvolvimento de alternativas de utilização racional dos resíduos (cerâmicas, argamassas, corretivos de solo, móveis, pedregulhos, mosaicos, bijuterias etc). Para minimizar os custos de tratamento dos resíduos, diversas empresas estão implantando soluções cooperativadas com outras empresas.



Shutterstock.com

#### NOTAS

---

1. CHIODI FILHO, C.; RIBEIRO, H. M. *Panorama do setor de rochas ornamentais e de revestimento*. Brasília: ABIROCHAS, 2015.
2. CHIODI FILHO, C. *Aspectos técnicos e econômicos do setor de rochas ornamentais*. Rio de Janeiro: CNPq/CETEM, 1995. (Estudos e documentos, 28).
3. MELLO, I. S. de C. *A cadeia produtiva de rochas ornamentais e para revestimento no Estado de São Paulo*. São Paulo: IPT, 2004.
4. PEITER, C. C.; CHIODI FILHO, C. *Rochas ornamentais no século XXI: bases para uma política de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras*. Rio de Janeiro: CETEM/ABIROCHAS, 2001.
5. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. *Anuário mineral estadual – São Paulo 2015 – ano base 2014*. Brasília: DNPM, 2016. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/paginas/anuario-mineral-estadual/anuario-mineral-estadual-sao-paulo-2015-ano-base-2014>>.
6. BRASIL. DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. Rochas ornamentais. In: *Economia mineral do Brasil*. Brasília: DNPM, 2009. p. 680-707.



## Capítulo 4

# INDÚSTRIAS CONSUMIDORAS PAULISTAS

O Estado de São Paulo, onde reside grande parte da população do país, é responsável pela maior produção industrial brasileira e caracteriza-se por consumir largamente os produtos minerais em suas principais cadeias produtivas.

A riqueza produzida pelo estado somou mais de R\$ 1,89 trilhão em 2015, o equivalente a R\$ 42,7 mil per capita e 32,12% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (dados do IBGE e Seade).

Como nas economias desenvolvidas, a participação dos setores de atividade econômica na geração de riquezas indica o expressivo predomínio dos serviços (78,46%) em relação à indústria (19,94%) e à agropecuária (1,59%).

O estado concentra 37% da produção industrial brasileira, 28,7% do setor de construção, 27,3% e 27,5% das receitas geradas, respectivamente, no setor de serviços e de comércio e 8,5 % da renda agropecuária do país (base 2014 – IBGE).

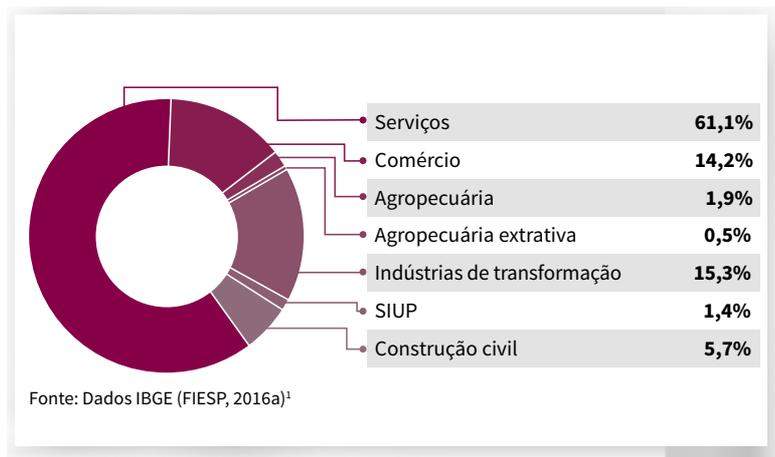
A indústria paulista é a mais moderna e diversificada da América Latina e apoia-se numa robusta base tecnológica, com geração de produtos com alto valor agregado em diversos setores econômicos.

Trata-se de um complexo universo de consumo de bens minerais com cerca de 50 segmentos dos mais diversos setores econômicos que vão da construção, siderurgia, cimento, cerâmicas e indústrias químicas diversas até a fabricação de bebidas, sendo responsáveis pela absorção de mais de 70 variedades de substâncias, consumidas na forma de bens primários, semimanufaturados, manufaturados e de compostos químicos, produzidas no próprio estado ou importadas de outras unidades da federação ou do exterior.



Shutterstock.com

**Gráfico 1:**  
**Distribuição do**  
**PIB por setor**  
**da economia**  
**Paulista em 2013**



Entre os setores estratégicos com forte potencial para atração de novos investimentos destacam-se os principais consumidores de matérias-primas minerais:

**Setor da construção** - Com mais de 90% da população concentrada em áreas urbanas, São Paulo dispõe de 20% do total de habitantes do Brasil e representa mais de 28% do PIB nacional da construção, o que se traduz em uma forte demanda em obras de infraestrutura, habitações e nos mais variados tipos de edificações.

**Agronegócios** - Com expressiva participação na balança comercial brasileira, o estado é o maior produtor mundial de laranja e cana-de-açúcar, destacando-se ainda na produção de carne bovina e outros produtos agrícolas.

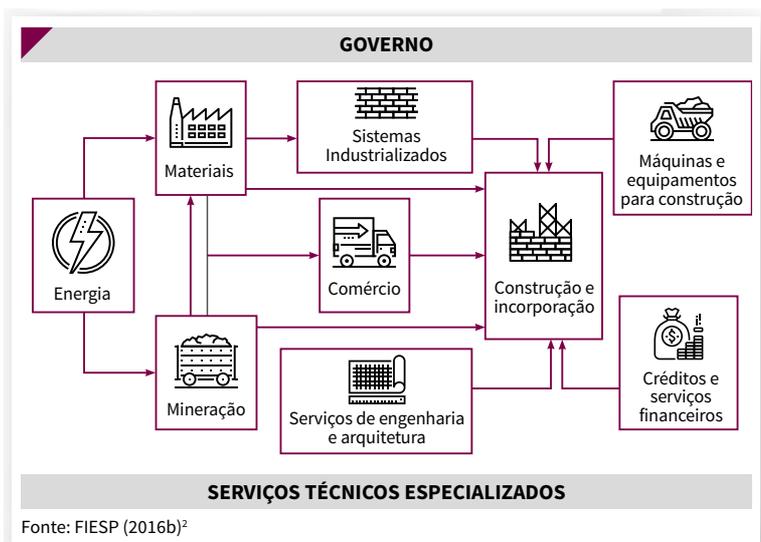
**Automotivo** - 15º maior produtor de veículos do mundo, São Paulo é berço da indústria automobilística do Brasil, concentrando mais de 41% das fábricas do complexo automotivo nacional.

**Máquinas e equipamentos** - O estado responde por 51% do valor da transformação industrial e 49% do pessoal ocupado no Brasil.

### **Cadeia produtiva da construção**

A cadeia produtiva da construção figura como um dos setores mais importantes para o país, reunindo construtoras, fabricantes e comerciantes de materiais, máquinas e equipamentos, serviços técnicos especializados, serviços imobiliários e consultorias de projetos, engenharia e arquitetura (figura 1). A construção movimentada, portanto, diversas áreas e gera impactos relevantes na economia brasileira.

Os investimentos em construção mais que dobraram nos últimos anos, partindo de R\$ 233,5 bilhões em 2007 (8,6% do PIB nacional) para uma estimativa de R\$ 592,1 bilhões em 2016 (9,3 % do PIB nacional). Mesmo realce esse conjunto de atividades tem na geração de empregos, que incorporou em 2016 um contingente estimado de 12,5 milhões pessoas, o equivalente a 13,7% da força de trabalho do país nesse ano. O Estado de São Paulo emprega aproximadamente 30% da força de trabalho formal<sup>1</sup>.



**Figura 1:**  
Cadeia produtiva da construção

Trata-se de um setor com grande demanda de recursos minerais, consumindo abundantemente substâncias *in natura*, como os agregados (areia e rocha britada), e em materiais e componentes construtivos como cimento, cerâmicas (argilas, caulim, feldspato, filito, rochas carbonáticas), gesso, rochas de revestimento, minerais metálicos (ferrosos e não ferrosos), além de uma grande variedade de cargas minerais incorporadas nas tintas e vernizes (tabela 1).

Indústria Extrativa	Recursos	Indústria de Materiais	Comércio	Cadeia
Construção	Areia; areia industrial; argilas (comuns, plásticas, refratárias, bentonitas e argilas descorantes); basalto; calcário; dolomito; caulim; feldspato e nefelina-sienito; ferro; filito; gnaiss; granito; mármore; saibro; talco e outras cargas minerais	Cerâmica vermelha; louça sanitária; revestimentos; vidros; cimento, derivados (argamassa/concreto) e artefatos; cal; gesso; agregados; rochas ornamentais; tintas, esmaltes e vernizes		Autoconstrução; autogestão
Petroquímicos	Derivados de petróleo	Asfalto, impermeabilizantes e solventes, insumos plásticos	Materiais (atacado e varejo)	Construção/edificações
Minerais metálicos	Ferrosos e não ferrosos	Materiais elétricos; metais sanitários e válvulas; portas e esquadrias de metais; artefatos de metais; aços longos e aços planos		Construção pesada/infraestrutura
Madeira		Produtos de madeira		

Fonte: adaptado de FIESP (2016b)<sup>2</sup>

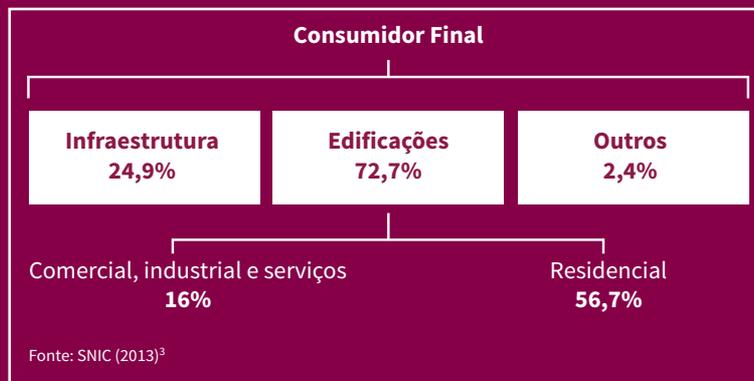
**Tabela 1:**  
Cadeia produtiva da construção e recursos minerais empregados

## Indústria de cimento

O cimento é um material diretamente ligado ao desenvolvimento da construção. Representa o principal componente do concreto, material essencial para o desenvolvimento da infraestrutura do país. É utilizado para a construção de estradas, pontes, sistemas de abastecimento de água, tratamento de esgoto, escolas, hospitais e habitação.

O consumo de cimento no Brasil em 2013 foi de 71 milhões de toneladas, sendo que o consumo per capita foi de 353 kg/habitante. No Estado de São Paulo o consumo foi de 15 milhões de toneladas e o consumo per capita foi de 344 kg/habitante<sup>3</sup>. Os principais destinos de consumo do cimento correspondem aos variados tipos de edificações e obras de infraestrutura (figura 2).

**Figura 2:**  
Consumidores  
finais do  
cimento



O processo produtivo do cimento é, resumidamente, uma combinação de lavra e beneficiamento de substâncias minerais não metálicas (calcário e argila), sua transformação química em clínquer (produto intermediário do cimento) em um forno a cerca de 1.450°C e posterior moagem e mistura a outros materiais (gesso, escória siderúrgica, argila pozolânica), conforme o tipo de cimento.

Uma vez lavrado, o calcário é britado para, pré-homogeneizado junto com argila e demais aditivos, ser armazenado em silos próprios. Esses minérios são devidamente dosados, quando então são moídos e homogeneizados até resultar em um material fino e de concentrações homogêneas, denominado farinha. A transformação físico-química da farinha em clínquer passa por quatro estágios: pré-aquecimento, calcinação, clínquerização e resfriamento.

As torres de pré-aquecedores e/ou pré-calcinadores, presentes nos modernos fornos via seca, reaproveitam os gases quentes da saída do forno para aquecer a farinha. Nesse estágio, a matéria-prima atinge uma temperatura aproximada de 800°C, quando se dá o início da calcinação – ou descarbonatação do calcário – e a quebra da estrutura molecular das matérias-primas, passando em seguida para o forno rotativo.



Nesta etapa, o material atinge uma temperatura de até 1.450°C, fundindo-se parcialmente e resultando no clínquer. Esse clínquer, resfriado, é então moído junto com gesso e, dependendo do tipo de cimento a ser produzido, até com outros materiais – como escória siderúrgica, cinzas volantes, pozolanas e filler calcário – para formar os vários tipos de cimento Portland.

A indústria de cimento vem investindo na modernização de suas instalações desde a década de 70, buscando melhorar a eficiência energética do processo, diminuir o consumo de combustíveis e reduzir as emissões. A utilização dos fornos de cimento para queimar resíduos tem dado à indústria cimenteira um novo e relevante papel no âmbito da promoção da sustentabilidade e do equilíbrio ambiental. O coprocessamento representa, em muitos casos, a solução mais eficiente e econômica para a gestão de resíduos, sem representar risco à qualidade do cimento Portland e ao meio ambiente.

Os avanços tecnológicos da produção de cimento e a substituição de combustíveis fósseis e matérias-primas naturais por materiais alternativos, no setor, sempre foram impulsionados pela busca da redução do consumo de energia térmica e elétrica, e pela racionalização do uso de recursos naturais não renováveis. No tocante às emissões dos gases de efeito estufa, várias medidas têm sido adotadas pelo setor para melhoria de seus processos produtivos, incluindo monitoramento das emissões, programas de melhoria da eficiência energética e uso de adições e combustíveis alternativos.



Aspacer / Thais Fiório

### Indústria de revestimentos cerâmicos

O setor de revestimentos cerâmicos integra o ramo de produtos de minerais não metálicos da indústria de transformação. Faz parte, junto com outras indústrias – como as de cerâmica vermelha, sanitários, indústria cimenteira e vidreira – do conjunto de cadeias produtivas que compõem a cadeia produtiva da construção. Engloba a produção de materiais no formato de placas, usados na construção para revestimento de paredes, pisos, bancadas e piscinas, em ambientes internos e externos, recebendo designações comerciais como pastilha, porcelanato, grês, lajota, piso etc.

O Brasil é um dos principais *players* no mercado mundial de revestimentos cerâmicos. Ocupa a 2ª posição em produção e consumo, sendo ultrapassado apenas pelo imenso mercado chinês. Em 2015, foram produzidos 899,4 milhões de m<sup>2</sup> para uma capacidade instalada de 1.069 milhão de m<sup>2</sup> (Anfacer, 2016)<sup>4</sup>.

Fatores como elevada produtividade, custos baixos de produção, disponibilidade de insumos minerais e energéticos, frente a um mercado consumidor doméstico em expansão, sustentaram, nos últimos 20 anos, o vigoroso crescimento dessa indústria no país. Também consolidaram dois dos mais importantes *clusters* brasileiros de base mineral: Santa Gertrudes (SP) e Criciúma (SC).

Com cerca de 30 plantas industriais, o Estado de São Paulo lidera a fabricação de placas cerâmicas no país. Em 2015 a produção paulista alcançou a marca de 641 milhões de m<sup>2</sup>, o equivalente a um faturamento de R\$ 4,7 bilhões.



No comando da produção paulista e brasileira, o grande destaque é o Polo de Santa Gertrudes, situado no centro-leste do estado e conhecido como o maior polo cerâmico das Américas. Sua produção atingiu 577 milhões de m<sup>2</sup> em 2015, correspondendo a 90% da produção paulista e a 64% do total da produção brasileira.

Sua grande vantagem competitiva é resultado do desenvolvimento de um processo industrial inovador, a fabricação via seca\* – muito mais vantajosa economicamente do que a via úmida (processo tradicional utilizado mundialmente). Isso se deve ao fato de essa rota consumir apenas um tipo de matéria-prima (gastos menores na produção e transporte das substâncias minerais) e fazer uso de um processo industrial mais simples e menos dispendioso em consumo de energia térmica e elétrica. Esse diferencial competitivo associado aos custos de produção está vinculado ao recurso mineral existente na região, pois a partir de uma única fonte geológica são extraídas rochas argilosas que se adaptam perfeitamente ao processo produtivo via seca, conseguindo-se obter um revestimento de boa qualidade.

*(\*) As indústrias de revestimento que operam por via seca utilizam a massa simples, constituída de argilas de queima avermelhada, cominuída em moinhos de martelo ou pendulares, levemente umidificada, e encaminhada ao processamento cerâmico (prensagem a seco, secagem, decoração e queima). Os revestimentos obtidos por via úmida são formulados com massa composta, constituída de misturas de matérias-primas minerais (argilas, caulim, filito, rochas feldspáticas, talco, carbonatos, quartzo, entre outras). Essa mistura é moída e homogeneizada em moinhos de bola, em meio aquoso, seca e granulada em spray dryer (atomizador), e conformada por prensagem a seco, para seguir então para a decoração e queima.*

## Agronegócio

O agronegócio é dividido em dois ramos produtivos: agricultura, que corresponde ao conjunto das cadeias produtivas das lavouras e demais atividades vegetais e florestais; e pecuária, que representa o conjunto de setores de produtos de origem animal.

O PIB paulista do agronegócio alcançou R\$ 230 bilhões em 2015, correspondendo a 12% do PIB do Estado de São Paulo e 18,5% do PIB do agronegócio brasileiro<sup>5</sup>.

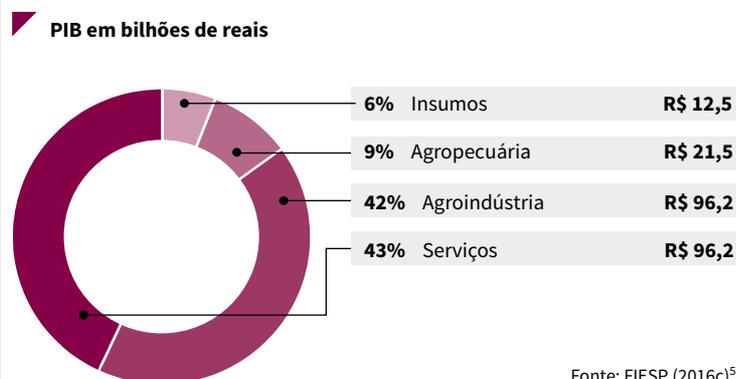
Cada ramo do agronegócio é caracterizado por quatro segmentos econômicos: insumos, primário (produção agropecuária), agroindustrial e serviços (transporte, comércio e demais serviços). A agroindústria e o segmento de serviços são mais dinâmicos (tabela 2, gráfico 2).

**Tabela 2:**  
Distribuição do PIB por segmento econômico no agronegócio paulista

Segmento	PIB (R\$ bilhões)	Ramo	Características
Insumos	8,1	Agricultura	Defensivos, fertilizantes, combustíveis, máquinas e equipamentos, demais insumos
	4,4	Pecuária	Alimentos para animais, fertilizantes, suplementação mineral, medicamentos, combustíveis, demais insumos
Produção agropecuária	16,3	Agricultura	Cana, milho, soja, batata, laranja, madeira, café, tomate, outros produtos
	5,2	Pecuária	Bovinocultura, avicultura, suinocultura, leite, ovos, pesca
Agroindústria	84,5	Agricultura	Açúcar, bebidas, papel, etanol, outros produtos alimentícios, móveis de madeira, panificações
	11,7	Pecuária	Curtimento e preparação de couro, calçados de couro, abate de bovinos, abate de suínos, abate de aves, pescado, laticínio
Serviços	78,2	Agricultura	Comércio, serviços diversos, transporte
	21,5	Pecuária	

Fonte: FIESP (2016c)<sup>5</sup>

**Gráfico 2:**  
PIB na cadeia produtiva do agronegócio paulista





Na base da cadeia produtiva dos agronegócios, os agrominerais correspondem aos insumos da indústria extrativa que fornecem elementos químicos para a produção de fertilizantes ou para aplicação direta na agricultura como condicionantes e corretivos de solos. Abrangem, entre outras substâncias minerais, os sais de potássio, fosfato, enxofre e calcário.

No Estado de São Paulo destaca-se a produção de fertilizante fosfático, calcário dolomítico e turfa, além de filito, talco e outras cargas minerais utilizadas em ração, defensivos agrícolas e sal como suplemento alimentar.

Fatores como importância socioeconômica, vocação natural (terras, relevo e clima) e base tecnológica desenvolvida colocam o setor de agronegócios como estratégico para o país e, em particular, para o estado. Um dos desafios para a expansão sustentada do setor é a diminuição da dependência da importância de insumos minerais, especialmente de potássio e fosfato. Investimentos em pesquisa e inovação são importantes para impulsionar o uso de substâncias minerais alternativas como, por exemplo, a rochagem (pó de rocha para remineralização de solos).

## Indústria de transformação

O Estado de São Paulo concentra a mais expressiva e diversificada economia industrial do país, com muitos setores altamente dependentes de insumos de origem mineral, chegando a se equiparar aos mercados consumidores da Europa e dos Estados Unidos.

Em 2014, foram totalizados no território paulista R\$ 361 bilhões em valor da transformação industrial, correspondendo a 34% do total brasileiro (IBGE)<sup>3</sup>. Dos 25 setores industriais, boa parte tem presença significativa na economia nacional, com destaque aos setores de alimentos, derivados de petróleo e biocombustíveis, veículos, produtos químicos, máquinas e equipamentos, produtos de borracha e plásticos, produtos farmoquímicos e farmacêuticos, entre outros (tabela 3).

**Tabela 3:**  
**Setores da**  
**indústria de**  
**transformação**  
**no Estado de São**  
**Paulo em 2014**

Setores	VTI* (milhões de reais)*	VTI (em %)
Produtos alimentícios	54.269	15,0%
Coque, derivados do petróleo e biocombustíveis	41.027	11,4%
Veículos automotores, carrocerias e autopeças	39.761	11,0%
Produtos químicos	34.015	9,4%
Máquinas e equipamentos	26.586	7,4%
Produtos de borracha e de material plástico	19.043	5,3%
Produtos farmoquímicos e farmacêuticos	16.554	4,6%
Produtos de metal, exc. máquinas e equipamentos	15.470	4,3%
Celulose, papel e produtos de papel	13.898	3,9%
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	12.965	3,6%
Produtos de minerais não metálicos	12.439	3,4%
Metalurgia	12.403	3,4%
Equipamentos de informática, prod. eletrônicos e ópticos	11.611	3,2%
Outros equip. de transporte, exc. veículos automotores	7.669	2,1%
Bebidas	7.121	2,0%
Produtos têxteis	6.237	1,7%
Confecção de artigos do vestuário e acessórios	6.009	1,7%
Produtos diversos	5.677	1,6%
Manutenção, reparação e instal. de máq. e equipamentos	4.995	1,4%
Impressão e reprodução de gravações	4.336	1,2%
Móveis	3.743	1,0%
Artefatos de couro, artigos para viagem e calçados	3.260	0,9%
Produtos de madeira	1.866	0,5%
Produtos de fumo	13	0,0%
<b>Total da Indústria de transformação</b>	<b>360.966</b>	<b>100%</b>

Fonte: Pesquisa Industrial Anual do IBGE (FIESP 2016c)

\* VTI - Valor da Transformação Industrial



Grande parte das indústrias de transformação é intensiva em consumo de substâncias minerais empregadas nas mais variadas formas como matéria-prima principal auxiliares de processo e aditivos. Minérios metálicos diversos, tais como fontes de ferro, vanádio, manganês, molibdênio, níquel e tungstênio são destinados aos vários produtos da indústria de ferro-ligas. Produtos químicos, tais como tintas e vernizes, incorporam grande número de cargas minerais como caulim, talco, micas, carbonatos, argilas, entre outros. O caulim é um insumo básico da indústria de papel. Além de minérios metálicos como o de ferro e cromo, o segmento de fundição absorve, como auxiliares de processo, areia industrial, bentonita, cromita, fluorita e grafita. Para a produção de borracha e plásticos são empregados bentonita, calcita, calcário, enxofre, micas, talco, entre outros minerais industriais.

A diversificação e sofisticação tecnológica do Parque Industrial Paulista tende cada vez mais a ampliar a variedade e a exigência sobre a qualidade dos bens minerais consumidos, cabendo ao setor mineral suprir esse desafio.

#### NOTAS

1. FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. *Panorama da indústria de transformação brasileira*. 2016a. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/panorama-da-industria-de-transformacao-brasileira/>>.
2. FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. *ConstruBusiness: 12. Congresso Brasileiro da Construção: investir com responsabilidade*. 12. ed. 2016b. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/panorama-da-industria-de-transformacao-brasileira/>>.
3. SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. *Relatório anual 2013*. 2013. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/pdf/RelatorioAnual2013final.pdf>>.
4. ASPACER – Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento. Dados setoriais fornecidos para esta publicação. 2016.
5. FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. *PIB do agronegócio do Estado de São Paulo*. 2016c. Disponível em: <<http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2017/02/pib-cepea-fiesp.pdf>>.



## Capítulo 5

# O DESAFIO DA VISIBILIDADE

Estado mais rico do Brasil, representado por um PIB de cerca de um terço (R\$1,89 trilhão - 32,12%) do total da federação, é um dos mais importantes polos econômicos da América Latina. São Paulo caracteriza-se por possuir uma economia muito diversificada, composta pelos segmentos da indústria automobilística, sucroalcooleira, têxtil, química, aeronáutica e de informática, dentre outras, além dos setores de serviços, financeiro e agropecuário. Assentado numa infraestrutura logística adequada para atração de investimentos, que conta com uma população de 44,7 milhões de habitantes, São Paulo tem vocação industrial materializada pela oferta de cerca de 29% de todos os produtos industrializados fabricados no Brasil.

Sob um cenário econômico de tal expressão, a mineração, segmento vital da economia paulista, acha-se camuflada numa posição secundária e não representativa da importância que teve – e ainda tem – para a edificação do que é hoje a unidade industrial mais importante de toda a federação.

A indústria mineral paulista, resgatada e exposta nesta publicação de forma deliberadamente expedita e contemplando os seus diversos segmentos, tem uma expressão econômica pouco perceptível para o cidadão (menos de 13% de toda a participação industrial no PIB). E esta publicação tem a pretensão de trazer, de forma simples e compreensível, uma exposição de sua importância, a começar pela sua tradução em números.

No território paulista estão cerca de 2.800 minas em atividades, um primeiro e surpreendente número e que faz da indústria mineral aqui instalada a 1ª em produção de água mineral (21%) e areia e brita para construção (27%), a 2ª de calcário para a indústria de cimento (15%), a 3ª de bentonita (8,1%) e talco (16,9%) e a 4ª maior produtora de calcário agrícola (11,2%), conforme dados do Sumário Mineral (2015 – DNPM)<sup>1</sup>. Com essa produção, São Paulo também é o 4º maior arrecadador de Contribuição sobre Exploração de Recursos Minerais - CFEM, no valor de R\$ 57,7 milhões (2016 – DNPM)<sup>2</sup>. E ainda há que se destacar, complementarmente, que é o maior consumidor de bens minerais do país.





Paradoxalmente é uma indústria que transita entre a sua indispensabilidade para a melhoria da qualidade de vida e a ameaça onipresente à sua sobrevivência, numa disputa de uso e ocupação do solo com outras atividades da sociedade, que a faz vivenciar revezes contínuos. Diante desse cenário, a mineração paulista tem um desafio constante, que se apresenta de forma contundente: ressaltar e considerar no planejamento de uso e ocupação do solo e nas políticas públicas o fato de que a mineração é uma atividade industrial cujas matérias-primas são depósitos finitos e não renováveis, com amplas possibilidades de reciclagem de metais já extraídos e reutilização dos materiais em outros usos (como os resíduos da construção).

A maior concentração de empreendimentos de mineração no território paulista é encontrada no Embasamento Cristalino (pré-Cambriano e Cambriano), abrangendo as regiões administrativas de Campinas, Itapeva, Região Metropolitana de São Paulo, Registro, Santos, São José dos Campos e Sorocaba. Nesses territórios também estão constituídas e estabelecidas a maior parte das unidades de conservação (parques, Áreas de Proteção Ambiental - APAs, estações ecológicas, áreas de relevante interesse ecológico, floresta nacional, Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN e monumento nacional), que já perfazem 31% do território paulista (Fundação Florestal – <http://fflorestal.sp.gov.br>).



Shutterstock.com

O presente e o futuro da indústria mineral operam em bases sustentáveis com a otimização dos processos de aproveitamento das reservas minerais, buscando a utilização de subprodutos e resíduos, e com uma gestão ambiental eficiente, que leva em consideração os princípios da eficiência, da viabilidade econômica e os aspectos sociais e culturais do entorno das minas. Para tanto, é necessário ainda que se observe o “Princípio 5 da Declaração sobre o Ambiente Humano da ONU (Declaração de Estocolmo, de 1972)”, que preceitua que “os recursos não renováveis da terra devem empregar-se de forma que se evite o perigo de seu futuro esgotamento e se assegure que toda a humanidade compartilhe dos benefícios de sua utilização”, o que é também validado e requerido pela Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981).

O desafio a vencer é viabilizar uma indústria mineral visível, que todos possam reconhecer não só por sua importância, mas por sua essência e sua real necessidade. Uma indústria mineral aceita com suas características intrínsecas, valorizada por seus benefícios e ajustada aos interesses da sociedade, que precisa dela na mesma medida em que quer progredir, embora nem sempre perceba seu valor. O caminho a ser trilhado para vencer estes desafios é o da compreensão de que os bens minerais são o princípio de tudo aquilo que o ser humano quer desenvolver e que sem eles não subsistiria a própria civilização.

## **Expediente**

---

Autores:	Gláucia Cuchierato Daniel Debiazzi Neto
Revisão de texto:	Jussara Lopes Suzana Amyuni
Bibliotecária responsável:	Melysse Martim
Projeto gráfico e diagramação:	Piero Buzatto Rubens Angulo Neto
Editoração:	Agência Múltipla Comunicação

## **Agradecimentos**

---

O Comitê da Cadeia Produtiva da Mineração (Comin) agradece a colaboração e apoio de seus diretores, dos coordenadores e membros de seus grupos de trabalhos e áreas da Fiesp envolvidos com a iniciativa. Todas as contribuições recebidas, somadas ao empenho conjunto das lideranças da cadeia produtiva da mineração, tornaram possível a produção deste estudo. Igualmente, o Comin agradece as entidades e empresas que aderiram como patrocinadoras e apoiadoras desta edição.

## **Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - Fiesp**

---

Presidente: Paulo Skaf

## **Departamento da Indústria da Construção - Deconci**

---

Diretor Titular: Carlos Eduardo Pedrosa Auricchio

Diretores Titulares Adjuntos: Luiz Eulalio de Moraes Terra  
Manuel Carlos de Lima Rossitto  
Mário William Esper  
Cristiano Goldstein  
Newton José Soares Cavalieri  
Carlos Roberto Petrini

Gerente: Filemon Lima

## **Comitê da Cadeia Produtiva da Mineração - Comin**

---

Coordenador: Eduardo Rodrigues Machado Luz

Coordenadores Adjuntos: Tasso de Toledo Pinheiro  
Carlos Eduardo Pedrosa Auricchio  
Luiz Eulálio de Moraes Terra

Assessores Técnicos: Daniel Debiazzi Neto  
Gláucia Cuchierato

## Sobre o Comin

---

Fórum de representação, discussão e articulação de ações de natureza técnica, política, ambiental, econômica e regulatória em geral, em prol do setor mineral paulista.

Seu principal objetivo é promover a mineração – e toda a cadeia produtiva – a níveis crescentes de excelência, por meio de iniciativas que levem à viabilidade, continuidade, aumento de competitividade e sustentabilidade dessa atividade de grande relevância socioeconômica para o Estado de São Paulo e o país.

Desde 2004, o Comin congrega 22 entidades-membros – sindicatos nacionais e estaduais filiados à Fiesp, associações nacionais e estaduais e cooperativas das áreas de mineração – através de atuante governança, liderança e capacidade de solução de questões comuns.

### Serviços prestados:

- *Acompanhamento de disposições normativas e legais relacionadas à cadeia produtiva de mineração, integrando e contribuindo em comitês, comissões técnicas, fóruns e debates, por meio de sua assessoria e Grupo Técnico, constituído por profissionais das entidades representadas;*
- *Discussão dos temas e definição de objetivos e ações estratégicas em consenso com as entidades-membros nas reuniões plenárias mensais do Comitê;*
- *Coordenação da Câmara Ambiental de Mineração da Cetesb (Companhia Ambiental de São Paulo) desde sua reinstalação em 2007, com a responsabilidade da construção de uma agenda de análises e debates entre representantes do setor minerário e do Sistema Estadual de Meio Ambiente, com o intuito de aprimorar as técnicas de mineração, bem como contribuir com as instituições e instrumentos governamentais de controle dessa atividade;*
- *Fomento à criação da FPAM/Alesp (Frente Parlamentar de Apoio à Mineração da Assembleia Legislativa de São Paulo) em 2006, articulação e atuação conjunta na análise, proposição e encaminhamentos de sugestões para aperfeiçoamentos na política de governo para a mineração. Como resultado desta parceria, em 2011 foi criada a Subsecretaria de Mineração na estrutura da Secretaria de Energia, hoje nominada como Secretaria de Energia e Mineração;*
- *Promoção de ações contemplando discussões de temas relevantes, com participações de entidades responsáveis pela gestão, controle e fomento à mineração, como o DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), Serviço Geológico do Brasil da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Subsecretaria de Mineração da Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo (SEM-SP) e Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo (SMA-SP);*
- *Divulgação de informações sobre temas prioritários para o setor mineral e assuntos correlatos para as entidades-membros do Comitê;*
- *Ações para melhoria da competitividade dos setores mineral e da indústria de construção no Deconic/Consic (Departamento e Conselho Superior da Indústria da Construção, respectivamente) da Fiesp, e nas diretorias de outros departamentos de assuntos relacionados (meio ambiente, infraestrutura, outros);*
- *Participação em iniciativas e fóruns da cadeia produtiva da mineração na CNI (Confederação Nacional da Indústria) e Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM).*

Para mais informações acesse: [www.fiesp.com.br/conheca-o-cominfiesp](http://www.fiesp.com.br/conheca-o-cominfiesp).

## Integrantes do Comin-Fiesp

---

### **Sindicatos filiados à Fiesp:**

- Sindicato das Indústrias de Calcário e Derivados para Uso Agrícola do Estado de São Paulo – SINDICAL
- Sindicato da Indústria da Cerâmica para Construção do Estado de São Paulo – SINDICERCON
- Sindicato da Indústria de Explosivos no Estado de São Paulo – SINDEX
- Sindicato das Indústrias de Extração de Areia do Estado de São Paulo – SINDAREIA
- Sindicato da Indústria da Extração de Minerais Não Metálicos do Estado de São Paulo – SINDEMIN
- Sindicato da Indústria de Mármore e Granitos do Estado de São Paulo – SIMAGRAN
- Sindicato da Indústria de Mineração de Pedra Britada do Estado de São Paulo – SINDIPEDRAS
- Sindicato Nacional da Indústria de Extração do Estanho – SNIEE
- Sindicato Nacional da Indústria de Refratários – SIR

### **Entidades:**

- Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP
- Associação Brasileira da Indústria de Águas Minerais – ABINAM
- Associação Brasileira de Cerâmica – ABCERAM
- Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais – ABIROCHAS
- Associação Brasileira dos Produtores de Cal – ABPC
- Associação das Empresas das Indústrias de Olaria e Cerâmica Estrutural e de Mineração de Argilas do Estado de São Paulo – ASSOCEMASP
- Associação dos Mineradores de Areia do Vale do Ribeira e Baixada Santista – AMAVALES
- Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção – ANEPAC
- Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres – ANFACER
- Associação Nacional da Indústria Cerâmica – ANICER
- Associação Paulista das Empresas Produtoras de Agregados para Construção – APEPAC
- Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento – ASPACER
- Cooperativa das Indústrias Cerâmicas do Oeste Paulista – INCOESP
- Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM

## Parceria

---

### Realização

---



### Entidades

---



### Empresas

---



### Apoio

---





COMITÊ DA CADEIA  
PRODUTIVA DA MINERAÇÃO

Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - Fiesp  
Comitê da Cadeia Produtiva da Mineração - Comin

Av. Paulista, 1313 | 6º andar | (11) 3549-4261  
CEP 01311-923 | São Paulo-SP  
comin@fiesp.com.br  
www.fiesp.com.br