

Arranjo Básico de Investimentos Necessários para a Implementação da iNDC do Brasil

Setor de Siderurgia



Keyassociados

Data do Relatório:

12/10/2016 – V1

Consultora:

- Natalia Pasishnyk

nataliap@keyassociados.com.br

Sumário

Sumário	0
Sumário Executivo	1
1. Objetivos	1
2. Caracterização do Setor	1
3. Emissões de GEE no processo siderúrgico	2
4. Redução de emissões no processo siderúrgico	4
5. Cenários de crescimento e emissões	5
6. Potencial de redução de emissões por rota de produção	8
a. Usinas integradas	8
b. Usinas semi-integradas	10
c. Alternativas de redução de emissões comuns às duas rotas.....	11
7. Cenários de investimento e redução de emissões	12
a. Usinas integradas	12
b. Usinas semi-integradas	13
8. Apoio financeiro à implementação das NDCs.....	15
9. Recomendações	16

Sumário Executivo

1. Objetivos

O objetivo principal do presente estudo é de realizar uma projeção da demanda de investimento no setor Siderúrgico necessária para a redução de emissão prevista na INDC brasileira a ser realizada entre 2020-2030.

Dentre os objetivos específicos, destacam-se:

- 1). Fornecer subsídios técnicos ao Ministério do Meio Ambiente para amparar negociações e cooperações com o setor siderúrgico;
- 2). Identificar / estimar, por meio dos dados disponibilizados pelo setor, os custos de redução associados aos setores em estudo com relação ao atendimento das INDCs;
- 3). Mapear as barreiras de implementação de novas tecnologias pelo setor;
- 4). Direcionar os esforços de captação de recursos externos, bem como sua aplicação direta no setor, para mitigar as barreiras existentes aos novos investimentos, por meio de mecanismos de redução de riscos e promoção da escalabilidade/replicabilidade;

2. Caracterização do Setor

A siderurgia tem como produtos finais do seu processo de produção, produtos acabados (laminados) e semiacabados, sendo este último consumido no processo de laminação para fabricação de produtos acabados. Os produtos acabados da siderurgia, ou laminados, são classificados em aços planos (chapas e boinas), aços longos (vergalhões, barras, perfis, tubos, etc.) e aços especiais (aços ao silício e inoxidáveis).

Os principais mercados consumidores de aço no Brasil são a Construção Civil (39,1%), Bens de Capital (20,7%), Automotivo (19,8%), Utilidades Domésticas e Comerciais (7,1%), Tubos com costura de pequeno diâmetro (5,0%), Embalagens e Recipientes (3,0%) e Outros Setores com 5,0%, dados referentes ao ano de 2014, de acordo com dados divulgados na página do Instituto Aço Brasil (IABr).

Ainda segundo o IABr, as usinas de aço do mundo inteiro classificam-se segundo o seu processo produtivo:

- **Integradas** – que operam as três fases básicas: redução, refino e laminação; participam de todo o processo produtivo e produzem aço.
- **Semi-integradas** - que operam duas fases: refino e laminação. Estas usinas partem de ferro gusa, ferro esponja ou sucata metálica para transformá-los em aço em aciarias elétricas e sua posterior laminação.

Etapas do processo siderúrgico

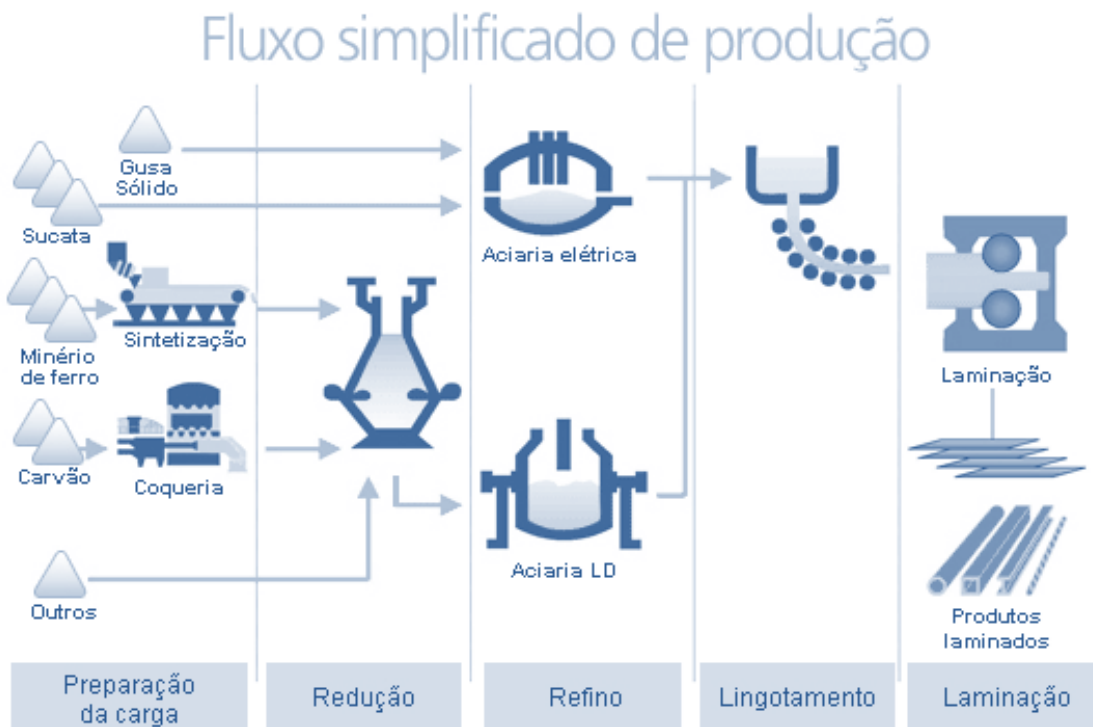
O aço é produzido, basicamente, a partir de minério de ferro, carvão e cal. A fabricação do aço pode ser dividida em quatro etapas: preparação da carga, redução, refino e laminação.

1. Preparação da carga (Sinterização e Coqueificação) - Grande parte do minério de ferro (finos) é aglomerada utilizando-se cal e finos de coque. O produto resultante é chamado de sinter. O carvão é processado na coqueria e transforma-se em coque.

2. Redução (Altos Fornos) - Essas matérias-primas, agora preparadas, são carregadas no alto forno. O carvão, em contato com o oxigênio, produz calor que funde a carga metálica e dá início ao processo de redução do minério de ferro em um metal líquido: o ferro-gusa.

3. Refino (BOF, EAF) - Aciarias a oxigênio ou elétricas são utilizadas para transformar o gusa líquido ou sólido e a sucata de ferro e aço em aço líquido. Nessa etapa parte do carbono contido no gusa é removido juntamente com impurezas.

4. Lingotamento e Laminação - Os semiacabados, lingotes e blocos são processados por equipamentos chamados laminadores e transformados em uma grande variedade de produtos siderúrgicos.



Fonte: Instituto Aço Brasil, 2016

O parque siderúrgico brasileiro é representado por 14 empresas privadas, controladas por onze grupos empresariais e operando 29 usinas distribuídas por 10 estados brasileiros.

3. Emissões de GEE no processo siderúrgico

De acordo com a Nota Metodológica¹ – Processos Industriais e Uso de Produtos, do Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG), divulgada em dezembro de 2014 e atualizada em novembro de 2015, as emissões de gases de efeito estufa relacionadas à produção de ferro-gusa e aço, ocorrem principalmente no processo de redução (Alto-forno).

As emissões da produção de ferro-gusa e aço se dão pelo consumo de combustíveis como agentes redutores em altos-fornos (carvão vegetal, coque de petróleo, coque de carvão mineral e carvão mineral) e pelo consumo de carbonatos (calcário e dolomita) como fundentes nos Altos-fornos.

No caso do consumo de carvão vegetal, as emissões de CO₂ não são contabilizadas no Setor de Processos Industriais e Uso de Produtos, pois se considera que essas emissões são compensadas pela absorção de CO₂ na fotossíntese que gerou a biomassa, conforme recomendação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. O mesmo não se aplica aos demais gases de efeito estufa, diretos e indiretos, que são contabilizados normalmente, a exemplo dos combustíveis fósseis.

Calcário e dolomita são utilizados como fundentes em altos-fornos de modo a tornar a escória gerada mais fluida e retirar impurezas na liga metálica produzida. Conforme apresentado na Figura 2, nas elevadas temperaturas dos altos-fornos, há reação de descarbonatação desses minerais, o que gera emissões de CO₂.

De acordo com o Volume III da Terceira Comunicação Nacional do Brasil, as emissões consideradas para a indústria siderúrgica e de ferroligas, correspondem à emissão de GEE do carbono contido no agente redutor, como o coque de carvão mineral, seja no processo de redução ou como combustível para geração de energia. Outras emissões relativas à siderurgia são relatadas no setor de Energia (produção de coque e de energia elétrica) e no setor de produção mineral (produção de cal, uso de calcário e dolomita).

Portanto, para fins do presente estudo, os processos siderúrgicos considerados na rota de potencial redução de emissões do setor são:

1. Usinas integradas à coque
 - a. Sinterização
 - b. Redução (Altos-fornos)
 - c. Refino (Aciaria LD/BOF)
 - d. Lingotamento contínuo
 - e. Laminação
2. Usinas integradas à carvão vegetal
 - a. Redução (Altos-fornos)

¹ <https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/seeg.tracersoft.com.br/notas2015/Nota+Metedologica+-+SEEG+3.0+-+PROCESSOS+INDUSTRIAIS+-+23.11.2015.pdf>

- b. Refino (Aciaria EAF)
 - c. Lingotamento contínuo
 - d. Laminação
3. Usinas semi-integradas
- a. Refino (Aciaria EAF)
 - b. Lingotamento contínuo
 - c. Laminação

4. Redução de emissões no processo siderúrgico

De acordo com o estudo Siderurgia no Brasil 2010-2025², publicado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, em novembro de 2010, nos últimos 50 anos reduziram suas emissões de GEE em 55%, por isso, torna-se difícil o estabelecimento de metas de redução significativa, no curto prazo, dos atuais índices de emissão. Apesar disso, as empresas siderúrgicas vêm priorizando projetos que aumentem a eficiência energética de todo o processo, tais como:

- a) Troca de combustíveis (exemplo: troca do gás liquefeito de petróleo/GLP por gás natural);
- b) Aproveitamento de gases para geração de energia e emprego da energia cinética dos gases (turbina de topo nos altos-fornos).

Outro aspecto muito relevante é o fato de que, por estarem intimamente interligadas, as principais iniciativas mundiais de geração de inovações tecnológicas para a mitigação do CO₂ têm buscado, de forma simultânea, a diminuição do consumo energético na siderurgia. Hoje, dois programas, de longo prazo, se encontram em estágios mais avançados relativamente a este tema:

- a) Ultra Low CO₂ Steelmaking (ULCOS), de natureza multi-institucional no âmbito da Comunidade Europeia, que foi iniciado há quatro anos;
- b) 50% CO₂ – 50% Energia, em desenvolvimento no Japão há quase uma década.

Na experiência brasileira, a utilização de carvão vegetal é uma solução poderosa para a mitigação das emissões de CO₂ da indústria siderúrgica no Brasil. O país, além de clima adequado e relativa disponibilidade de terra para plantio do eucalipto, possui uma avançada tecnologia nesse plantio, fabricação do carvão vegetal e uso em altos-fornos.

No entanto, é preciso mencionar que a produção de aço via carvão vegetal é limitada por restrição da capacidade de carga no alto-forno. Outro aspecto relevante é o alto investimento em terras, que deve ser feito com pelo menos seis anos de antecedência, comparativamente a

² http://www.abmbrasil.com.br/epss/arquivos/documentos/2011_4_18_16_38_13_21931.pdf

um alto-forno, que leva, em média, dois anos para ser construído. Ademais, existem barreiras socioambientais, devido ao fato de que parte do carvão vegetal utilizado nas pequenas siderúrgicas ser proveniente de florestas nativas.

Em sua série de estudos denominada Panoramas Setoriais Mudanças Climáticas – Siderurgia, publicado em 2015, o BNDES identifica como oportunidade de redução de emissões a ampliação da produção de aço que utilize carvão vegetal (biomassa) como redutor, obtido a partir de florestas plantadas. Em usinas integradas a carvão vegetal de florestas plantadas a emissão de CO2 equivale a 10% do valor observado para uma usina integrada a coque.

5. Cenários de crescimento e emissões

Crescimento

Os cenários de crescimento da economia foram calculados com base nas projeções oficiais divulgadas pelo Banco Central do Brasil³ para crescimento da produção industrial de 2016 a 2020, conforme tabela 1. Para o período 2021-2030 foi mantida a projeção de crescimento do último ano disponível da série (2020).

- Cenário de baixo crescimento: considerado o mínimo das expectativas de mercado, divulgadas em 30/09/2016
- Cenário business-as-usual: considerada a mediana das expectativas de mercado, divulgadas em 30/09/2016
- Cenário de alto crescimento: considerado o máximo das expectativas de mercado, divulgadas em 30/09/2016

Tabela 1 – Expectativas de mercado para crescimento da produção industrial, divulgadas pelo Banco Central

Cenários	Produção Industrial						
			2016	2017	2018	2019	2020
Baixo crescimento econômico	Mínimo	30/09/2016	-7,63%	-1,29%	0,60%	1,50%	2%
Business as usual	Mediana	30/09/2016	-5,96%	1,10%	2,25%	2,10%	2,15%
Alto crescimento econômico	Máximo	30/09/2016	0%	6,50%	4%	3%	3%

³ Fonte: Séries estatísticas consolidadas do Banco Central de projeção do PIB (Boletim Focus), versão 30/09/16

<https://www3.bcb.gov.br/expectativas/publico/consulta/serieestatisticas>

Para projeção da produção siderúrgica até 2030, foi considerado o nível de produção divulgado pelo Ipeadata⁴ para 2015, e aplicados os cenários de crescimento descritos acima.

Tabela 2 – Projeção de crescimento da indústria siderúrgica para 2020-2030 (toneladas de aço bruto)

Cenários	2020	2025	2030
Baixo crescimento econômico	31.570.584,87	34.856.476,70	38.484.366,79
Business as usual	33.706.801,47	37.489.478,39	41.696.658,50
Alto crescimento econômico	39.064.631,67	45.286.614,71	52.499.598,35

O investimento em novas plantas industriais foi avaliado seguindo o critério de priorização da utilização de 100% da capacidade instalada atual do parque siderúrgico nacional, antes de realizar novos investimentos. Segundo este critério e considerando a projeção da produção de aço bruto no Brasil, seria necessário um incremento na capacidade produtiva nacional de 3,6 milhões de toneladas de aço bruto por ano, até 2030, quando a produção de aço atingiria 107% da capacidade instalada existente.

Emissões

Para os cenários de emissões, foram consideradas as emissões históricas de GEE divulgadas pelo Sistema de Estimativas de Emissão de Gases de Efeito Estufa para o período 2010 a 2014.

O primeiro passo foi calcular o fator de emissão médio do setor, com base nas emissões observadas para o período 2010-2014 em relação à produção total do setor para o mesmo período, considerando os dados de produção utilizados para cálculo dos cenários de crescimento. O fator médio de emissões encontrado foi de 1,51 t CO₂e/ t aço bruto. Este fator foi utilizado para converter os cenários de projeção da produção siderúrgica, em cenários de emissões de CO₂e para o período 2020-2030, conforme resultados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Projeção das emissões da indústria siderúrgica para 2020-2030 (toneladas de CO₂e)

Cenários	2020	2025	2030
Baixo crescimento econômico	47.584.640,59	52.537.288,20	58.005.411,36
Business as usual	50.804.444,71	56.505.869,71	62.847.125,48
Alto crescimento econômico	58.880.013,33	68.258.072,95	79.129.814,33

Considerando o compromisso assumido pelo governo brasileiro nas NDCs, de acordo com os fundamentos para elaboração das iNDCs brasileiras, divulgado pelo Ministério de Meio Ambiente – MMA, a redução de emissões compromissada para o setor de processos industriais foi de 7% até 2025 e 8% até 2030 em relação à 2005, correspondendo a um teto de emissões

⁴ Ipeadata: <http://www.ipeadata.gov.br/>

Produção - aço bruto - Tonelada (mil) - Instituto Brasileiro de Siderurgia, Informe Estatístico (IBS/IE) - IBSIE_QSCAB

de 98 milhões tCO₂e em 2025 e 99 milhões tCO₂e em 2030. Este teto de emissões para 2025 e 2030 foi convertido para o setor siderúrgico, considerando as contribuições de cada setor divulgadas pelo Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação – MCTI, nas Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, 2013. Segundo os dados do MCTI, a contribuição do setor de produção de ferro gusa e aço foi de 46,1% das emissões totais contabilizadas em Processos Industriais em 2010. Esta participação foi aplicada então ao teto de emissões em 2025 e 2030, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Teto de emissões para o setor de produção de ferro gusa e aço em 2020 e 2030 (mil tCO₂e)

	2025	2030
Teto de emissões na iNDC - Processos industriais (mil tCO₂e)	98.000,00	99.000,00
Teto de emissões na iNDC - Siderurgia (mil tCO₂e)	45.178,00	45.639,00

A partir do cruzamento dos cenários de emissões para 2025 e 2030, com o teto de emissões no setor para o mesmo período, foi possível mapear a necessidade de redução de emissões do setor para este período, conforme apresentado na tabela 5. Esta projeção foi ainda separa por rota de produção, considerando a participação de cada rota na produção total de aço em 2015, de acordo com dados divulgados no Anuário Estatístico da Siderurgia 2016, do IABr, onde a rota integrada representou 85,5% da produção total e a rota semi-integrada representou 14,5%.

Tabela 5 – Necessidade de redução de emissões no setor siderúrgico até 2025 e 2030 por rota de produção.

Cenários	Integradas		Semi-integradas	
	2025	2030	2025	2030
Baixo crescimento econômico	6.294.873,47	10.577.788,59	1.064.414,73	1.788.622,76
Business as usual	9.689.457,00	14.719.218,71	1.638.412,72	2.488.906,77
Alto crescimento econômico	19.741.873,80	28.646.851,83	3.338.199,15	4.843.962,50

6. Potencial de redução de emissões por rota de produção

a. Usinas integradas

De acordo com valores divulgados pelo IABr no Anuário Estatístico da Siderurgia 2016, as usinas integradas foram responsáveis por 85,5% do aço produzido no Brasil em 2015.

Usinas integradas à coque

De acordo com o BNDES, em informações publicadas no estudo Panoramas Setoriais Mudanças Climáticas – Siderurgia, 2015, as usinas integradas a coque, a etapa de redução é responsável por 80-85% do consumo de energia, e portanto, concentra as principais oportunidades de mitigação de emissões e eficiência energética. Os outros 15-20% das emissões são distribuídas entre os processos de Sinterização, Aciaria (LD/BOF), Lingotamento e Laminação.

De acordo com artigo publicado pelo BNDES em março de 2015, intitulado Sustentabilidade da siderurgia brasileira: eficiência energética, emissões e competitividade⁵, a energia consumida na etapa de redução corresponde principalmente, à energia térmica do termorreductor (coque) e à injeção de finos de material carbonoso pelas laterais do Alto-forno. Por essa razão, os principais indicadores de eficiência energética utilizados na siderurgia são: (i) consumo específico de coque, ou coke rate, kg coque/ t gusa produzido; e (ii) consumo específico de finos de carvão, PCI.

As alternativas de redução de emissão nos Altos-fornos, consideradas são divididas em: (i) consumo de coque; (ii) consumo de finos de carvão; e (iii) aproveitamento de gases de processo.

(i) Consumo de coque

A alternativa energética ao coque, como termorreductor, mais difundida no Brasil, é o carvão vegetal de florestas plantadas, porém a substituição do coque por carvão vegetal é limitada à capacidade de carga do Alto-forno, não podendo ser considerado então como um substituto direto para Altos-Fornos em operação.

No entanto, o carvão vegetal deve ser considerado como alternativa energética no planejamento e construção de novas instalações. Conforme indicado nos cenários de crescimento da produção de aço, no cenário de alto crescimento, até 2030 será necessário o incremento de 3,6 milhões de toneladas de aço bruto na capacidade instalada do parque siderúrgico nacional. Para este patamar de produção é possível considerar o carvão vegetal como termorreductor.

Considerando o parque siderúrgico brasileiro, é possível encontrar investimentos na última década, de ampliação da capacidade produtiva baseada em carvão vegetal. O investimento de

⁵ <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4287>

grande porte mais recente foi realizado pela Vallourec Sumitomo do Brasil (VSB). A VSB investiu R\$ 5 bilhões⁶ em uma planta *green-field*, localizada em Jeceaba-MG, com capacidade produtiva de 1 milhão de toneladas/ano, o que corresponde a um investimento de **5.000 R\$/t aço bruto, em todo o complexo industrial.**

Considerando a necessidade de ampliação da produção de aço bruto até 2030, no cenário de alto crescimento seriam então necessários **investimentos na ordem de R\$ 18 bilhões, em 3 a 4 usinas integradas à carvão vegetal.**

É importante destacar que o investimento em Altos-fornos à carvão vegetal deve ser precedido de investimentos em formação de base florestal, com 6 anos de antecedência ao início do consumo. Ou seja, para que em 2030 a nova capacidade instalada para atender a produção de aço em cenário de alto crescimento, possa ser baseada em carvão vegetal, os investimentos florestais, devem ser iniciados até 2024, para suportar a produção de carvão vegetal necessário às operações dos fornos.

(ii) Consumo de finos de carvão

A utilização de finos de carvão pelas laterais do Alto-forno, é considerada por si só, uma alternativa de eficiência energética, que reduz o consumo de termorreductor (coque). Ainda de acordo com o Artigo do BNDES (2015), a média dos dez maiores produtores é de 111 kg de PCI/t de gusa. O país que mais recorre a essa substituição é a Coreia do Sul, com 195 kg de PCI/t de gusa e o menor consumo de coque. O Brasil apresenta consumo médio de 137 kg de PCI/t de gusa, de acordo com dados do Anuário Estatístico da Siderurgia 2016 (IABr). O artigo ainda aponta que segundo estudos da Agencia de Proteção Ambiental Americana (EPA), é possível elevar o consumo de finos de carvão para 225 kg de PCI/t, a um investimento médio de 45 USD/t PCI.

Outra alternativa energética, apontada pelo Artigo do BNDES, é a substituição dos finos de carvão mineral por finos de carvão vegetal, reduzindo a zero as emissões associadas ao consumo de PCI, porém o artigo não identifica o investimento necessário para esta substituição, recomenda-se análise aprofundada desta alternativa, a partir de dados primários do setor.

(iii) Outras ações de redução de emissões nas usinas integradas a coque

Ainda segundo o artigo do BNDES (2015), existe uma série de tecnologias, já testadas e aplicáveis à realidade do parque siderúrgico brasileiro, que podem ser aplicadas visando a redução de emissões pelo setor. As alternativas tecnológicas apresentadas pelo Artigo, consideram benefícios relacionados à redução do consumo de energia elétrica e de outras fontes energéticas. Para este estudo, foram consideradas apenas as ações que trazem benefícios significativos para outras fontes energéticas, já que a energia elétrica não é

⁶ Fonte: Insituito Aço Brasil - http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/aco/parque-siderurgico--grupo-vallourec_sumitomo.asp

contabilizada nas comunicações nacionais, como parte das emissões de GEE do setor. As alternativas de redução de emissões para a rota integrada consideradas são apresentadas na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 – Alternativas tecnológicas para redução de emissões nas usinas integradas a coque

Etapa do processo	Tecnologia	Redução de emissões	Investimento médio (USD/t)
1. Sinterização	1.1- Uso de tecnologia deheat recovery	57 kg CO2/t de sinter	4,7
	1.2- Redução de escapamento de gás	2 kg CO2/t sinter	0,14
	1.3- Aprofundamento do leito de sinterização	10 kg CO2/t sinter	0,01
	1.4- Melhoria dos processos de automação e controle	5 kg CO2/t sinter	0,21
	1.5- Uso de óleos residuais de outros processos	20 kg CO2/t sinter	0,29
Total Sinterização		94	5,35
3. Alto-forno	3.1- Aumento da injeção de PCI para 225 kg/t	35 kg CO2/t gusa	8
	3.2- Aumento da injeção de gás natural para até 140 kg/t	55 kg CO2/t gusa	7,8
	3.3- Recuperação de gás de Alto-forno	4 kg CO2/t gusa	0,47
	3.4- Automação do processo de preaquecimento do ar de injeção	22 kg CO2/t gusa	0,47
	3.5- Melhoria dos sistemas de automação e controle	25 kg CO2/t gusa	0,56
Total Alto-forno		159	49,3
4. BOF	4.1- Tecnologia de recuperação de gás de aciaria mais eficiente	46 kg CO2/t aço	34,4
	4.2- Ventiladores com velocidades variáveis controladas (VSD)	0,6 kg CO2/t aço	0,3
Total BOF		46,6	34,7

Fonte: BNDES, 2015⁷

Usinas integradas à carvão vegetal

No caso das usinas integradas à carvão vegetal renovável, como as emissões pelo consumo de carvão vegetal são consideradas nulas, as oportunidades de redução de emissões de GEE se concentram nos processos de Aciaria (EAF), Lingotamento e Laminação, e correspondem essencialmente a ações de eficiência energética, assim como para as usinas semi-integradas, que serão discutidas no item b, a seguir.

b. Usinas semi-integradas

⁷ Sustentabilidade da siderurgia brasileira: eficiência energética, emissões e competitividade - <https://web.bnades.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4287>

Ainda de acordo com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), nas usinas semi-integradas, a etapa de refino, em Fornos Elétricos a Arco (EAF), responde por 70-75% da energia total consumida no processo de fabricação do aço. Como trata-se de energia elétrica, as emissões são indiretas e dependem da matriz energética do país.

Assim como para a siderurgia integrada a coque, para a rota semi-integrada, também foi considerada a base de tecnologias apontadas pelo Artigo do BNDES (2015), e excluídas as alternativas que possuem benefícios de redução de emissões relevantes apenas para o consumo de energia elétrica, já que esta fonte de emissão não é considerada na contabilização das emissões do setor.

Considerando esta linha de corte, todas as alternativas relacionadas à etapa de refino (EAF) foram retiradas da avaliação, restando apenas as ações relacionadas aos processos de lingotamento e laminação, que são apresentadas na seção seguinte, de alternativas comuns às duas rotas.

c. Alternativas de redução de emissões comuns às duas rotas

Os processos de lingotamento e laminação são comuns às rotas integrada e semi-integrada, portanto as alternativas tecnológicas de redução de emissões são apresentadas conjuntamente na Tabela 7, a seguir.

Tabela 7 – Alternativas tecnológicas para redução de emissões nas usinas semi-integradas

Etapa do processo	Tecnologia	Redução de emissões	Investimento médio (USD/t)
6. Lingotamento Contínuo e Laminação	6.1- Lingotamento tipo near net shape	730 kg CO ₂ /t aço	235
	6.2- Controle de processos nos laminadores de tiras a quente	15 kg CO ₂ /t aço	1,1
	6.3- Controle de oxigênio do sistema de ventilação de ar de combustão com uso de VSD	17 kg CO ₂ /t aço	0,79
	6.4- Recuperação de calor da água de resfriamento do LTQ para geração de vapor	1,9 kg CO ₂ /t aço	1,3
	6.5- Recuperação de calor de fornos das linhas de tratamento térmico	17,5 kg CO ₂ /t aço	4,2
	6.6- Dispositivos para redução de perdas por evaporação de ácido nas linhas de decapagem	9,9 kg CO ₂ /t aço	4,4
	6.7- Sistemas de monitoramento automático e de metas em laminadores a frio	35,3 kg CO ₂ /t aço	1,7
Total Lingotamento e Laminação		861,8	252,39

7. Cenários de investimento e redução de emissões

Os cenários de investimento e de redução de emissões foram calculados com base nos benefícios de redução de emissões para cada alternativa tecnológica discutida no item 6, e seu investimento correspondente.

a. Usinas integradas

Para estimar a redução de emissões em tCO₂/t aço bruto na rota integrada, foram considerados os benefícios em função da produção de aço, sínter e gusa, multiplicados pela produção total destes produtos projetada para 2025 e 2030, utilizando dados divulgados pelo IABr no Anuário Estatístico da Siderurgia 2016. Os cenários de produção de aço bruto, sínter e ferro gusa são descritos na Tabela 8 a seguir.

Tabela 8 – Cenários de produção de aço bruto, sínter e ferro gusa em usinas integradas

Cenários	Produção aço bruto (t)		Produção de Sínter (t)		Produção de Ferro Gusa (t)	
	2025	2030	2025	2030	2025	2030
Baixo crescimento econômico	29.814.990,86	32.918.159,06	31.228.912,77	34.479.243,10	29.141.045,87	32.174.069,33
Business as usual	32.067.166,90	35.665.839,18	33.587.894,17	37.357.226,97	31.342.313,20	34.859.640,25
Alto crescimento econômico	38.736.560,08	44.906.289,83	40.573.571,25	47.035.889,25	37.860.949,87	43.891.217,61

Considerando a implementação de todas as alternativas tecnológicas descritas no item 6, aplicadas aos cenários de produção de aço bruto, sínter e ferro gusa, apresentados na Tabela 8, o potencial total de redução de emissões na rota integrada está apresentado na tabela 9 a seguir.

Tabela 9 – Cenários de potencial de redução de emissões por processo das usinas integradas (tCO₂)

	2025	2030
Baixo crescimento econômico		
Sinterização	2.935.517,80	3.241.048,85
Alto-forno	4.108.887,47	4.536.543,78
Aciaria (BOF)	1.389.378,57	1.533.986,21
Lingotamento e laminação	24.645.071,45	27.210.150,28
Potencial total no cenário de baixo crescimento	33.078.855,29	36.521.729,12
Business as usual		

⁸ Sustentabilidade da siderurgia brasileira: eficiência energética, emissões e competitividade - <https://web.bnades.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4287>

Sinterização	3.157.262,05	3.511.579,33
Alto-forno	4.419.266,16	4.915.209,28
Aciaria (BOF)	1.494.329,98	1.662.028,11
Lingotamento e laminação	26.506.720,16	29.481.382,66
Potencial total no cenário de baixo crescimento	35.577.578,35	39.570.199,38
Alto crescimento econômico		
Sinterização	3.813.915,70	4.421.373,59
Alto-forno	5.338.393,93	6.188.661,68
Aciaria (BOF)	1.805.123,70	2.092.633,11
Lingotamento e laminação	32.019.640,56	37.119.539,17
Ampliação da capacidade instalada*	-	40.415.660,85
Potencial total no cenário de baixo crescimento	42.977.073,89	90.237.868,40

* A ampliação da capacidade instalada, considera o investimento em plantas *green-field* baseadas em carvão vegetal, conforme descrito no item 6.a

Para cálculo dos investimentos necessários para atendimento do teto de emissões previsto para 2025 e 2030, foi calculado um investimento médio por tonelada de CO₂ reduzida mediante a implantação de todas as medidas previstas no item 6.a, considerando o potencial total de redução de emissões, que resultou em um investimento médio de 275,54 USD / tCO₂ reduzida. Este índice foi então aplicado aos cenários de necessidade de redução de emissões na rota integrada, para obtenção dos cenários de investimento necessário ao atendimento da NDC brasileira. Uma exceção foi feita em relação ao cálculo do investimento necessário à ampliação da capacidade instalada, que considerou o investimento total de R\$ 18 bilhões convertido em Dólar americano à taxa Ptax do Banco Central em 11/10/2016, de R\$ 3,213. O investimento total previsto para ampliação da capacidade instalada é de USD 5,6 bilhões, acrescido ao cenário de alto crescimento em 2030.

Tabela 10 – Cenário de necessidade de investimento na rota integrada para atender à meta de redução de emissões da NDC (USD)

Cenários	2025	2030
Baixo crescimento econômico	1.734.484.537,22	2.914.595.635,83
Business as usual	2.669.825.438,59	4.055.722.067,15
Alto crescimento econômico	5.439.660.539,77	13.495.572.151,08

b. Usinas semi-integradas

Para a rota semi-integrada, foram consideradas apenas as oportunidades de redução de emissões nas etapas de lingotamento e laminação descritas no item 6.c, que foram convertidas em potencial de redução de emissões utilizando a projeção de produção de aço bruto por usinas semi-integradas em 2025 e 2030, apresentados na Tabela 11 a seguir:

Tabela 11 – Cenários de produção de aço bruto em usinas semi-integradas

Cenários	Produção aço bruto (t)	
	2025	2030
Baixo crescimento econômico	5.041.485,83	5.566.207,73
Business as usual	5.442.492,36	6.053.264,95
Alto crescimento econômico	6.159.671,37	7.140.747,33

Considerando a implementação de todas as alternativas tecnológicas descritas no item 6.c, aplicadas aos cenários de produção de aço apresentados na Tabela 11, o potencial total de redução de emissões na rota semi-integrada está apresentado na tabela 12 a seguir.

Tabela 12 – Cenários de potencial de redução de emissões das usinas semi-integradas (tCO₂)

Potencial de redução de emissões (tCO₂)	2025	2030
Baixo crescimento econômico	4.344.752,49	4.796.957,82
Business as usual	4.690.339,92	5.216.703,73
Alto crescimento econômico	5.308.404,79	6.153.896,05

Para estimar os investimentos necessários para atendimento do teto de emissões previsto para 2025 e 2030, foi calculado um investimento médio por tonelada de CO₂ reduzida mediante a implantação de todas as medidas previstas no item 6.c, considerando o potencial total de redução de emissões, que resultou em um investimento médio de 292,86 USD / tCO₂ reduzida. Este índice foi então aplicado aos cenários de necessidade de redução de emissões na rota semi-integrada, para obtenção dos cenários de investimento necessário ao atendimento da NDC brasileira, conforme apresentado na Tabela 13 a seguir.

Tabela 13 – Cenários de necessidade de investimento na rota semi-integrada para atender à meta de redução de emissões da NDC (USD)

Cenários	2025	2030
Baixo crescimento econômico	311.728.514,38	6.107,35
Business as usual	488.739.925,66	738.818.527,61
Alto crescimento econômico	805.315.489,99	1.218.852.582,94

8. Apoio financeiro à implementação das NDCs

Considerando as rotas integradas e semi-integradas, o investimento total necessário à implementação das NDCs brasileiras, pelo setor siderúrgico, varia de USD 2 bilhões a USD 14,7 bilhões, dependendo do cenário de crescimento, conforme apresentado na Tabela 14 a seguir.

Tabela 14 – Cenários de necessidade de investimento pelo setor siderúrgico para atender à meta de redução de emissões da NDC (USD)

Cenários	2025	2030
Baixo crescimento econômico	2.046.213.051,59	2.914.601.743,18
Business as usual	3.158.565.364,25	4.794.540.594,76
Alto crescimento econômico	6.244.976.029,76	14.714.424.734,02

As alternativas de redução de emissão previstas no item 6 não necessitam de investimentos em P&D, reduzindo, portanto, o risco dos investimentos por parte do setor. Além disso, todas as alternativas apresentam benefícios diretos no consumo de outras fontes energéticas, o que significa redução de custos de produção.

As necessidades de investimento para implementação das NDCs podem, portanto, ser atendidas por meio de linhas de financiamento, com prazos e custos adequados às necessidades do setor.

De acordo com artigo publicado pelo BNDES em março de 2015, intitulado Sustentabilidade da siderurgia brasileira: eficiência energética, emissões e competitividade⁹, o BNDES oferece uma linha específica, Apoio a Projetos de Eficiência Energética (Proesco). Com um dos mais baixos custos financeiros e elevada participação do investimento, esse seria um dos produtos mais adequados. Os investimentos em sistemas voltados à redução do consumo de energia e de emissões também podem ser financiados na linha de Meio Ambiente, que tem condições semelhantes ao Proesco. Atualmente, as empresas contam com taxas de financiamento de até 7,1% para aquisição de máquinas e equipamentos novos e prazo de até oito anos para pagamento, incluídos até dois anos de carência. Por se tratar de um setor prioritário do Plano Setorial para Redução das Emissões da Indústria, projetos que efetivamente reduzam as emissões de GEE na siderurgia também podem ser apoiados pelo Fundo Clima, que conta com condições ainda mais favoráveis de crédito, em alguns casos, inclusive, com custo financeiro inferior a 2% a.a.

Uma alternativa que precisa ser analisada individualmente em relação às possibilidades de financiamento, é a ampliação da capacidade produtiva baseada no carvão vegetal. O

⁹ <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4287>

investimento feito pela VSB na planta de Jeceaba, de R\$ 5 bilhões, contou com apenas 10%¹⁰ deste total em financiamento do BNDES, e este valor ainda não considera o investimento necessário em base florestal, que foi realizado pela V&M Florestal.

O investimento *green-field* em usinas integradas à carvão vegetal deve levar em consideração além do investimento no complexo industrial, a formação da base florestal e o investimento em infraestrutura de carbonização, preferencialmente utilizando métodos mais sustentáveis.

O estudo publicado pela CGEE em 2015, denominado Modernização da produção de carvão vegetal no Brasil, Subsídios para revisão do Plano Siderurgia¹¹, apresenta as linhas de financiamento disponíveis no mercado para modernização da produção do carvão vegetal. Os programas e as linhas de financiamento do BNDES direcionados à atividade florestal, são: Programa para a Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura – Programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC); Apoio a Investimentos em Meio Ambiente (BNDES Meio Ambiente); Apoio ao Reflorestamento, Recuperação e Uso Sustentável das Florestas (BNDES Florestal); Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf Investimento); e Programa Fundo Clima – Carvão Vegetal (Fundo Clima).

Ainda segundo a CGEE, além dos programas do BNDES, também estão disponíveis os programas de financiamento dos fundos constitucionais, direcionados à atividade florestal: Programa de Financiamento à Conservação e Controle do Meio Ambiente – do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE Verde); Programa de Preservação da Natureza – do Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste (FCO Pronatureza); Apoio a Empreendimentos Sustentáveis e à Recuperação de Áreas Degradadas (FNO Biodiversidade) e o Apoio ao Desenvolvimento Sustentável da Amazônia (FNO Amazônia Sustentável), ambos Fundo Constitucional de Financiamento do Norte.

¹⁰ Fonte: BNDES -

http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/Busca/solrsearch?urlile=wcm:path:/BNDES_Institucional/Home/Imprensa/Noticias/Conteudo/20091222_VSB_Siderurgia

¹¹ Fonte: CGEE -

https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Carvao_Vegetal_WEB_02102015_10225.PDF/a3cd6c7c-5b5b-450a-955b-2770e7d25f5c?version=1.3

9. Conclusões e Recomendações

Base para estimativa de contribuição das alternativas tecnológicas para redução de emissões do setor siderúrgico

- A. Como as estimativas apresentadas foram realizadas a partir de dados secundários consolidados para o setor, é recomendada a interação direta com o setor para realizar avaliação de aderência e aplicabilidade das alternativas apresentadas, para cada planta industrial do parque siderúrgico nacional.
- B. Para as tecnologias prioritárias é recomendado definir uma abordagem para estimativa de emissões que seja alinhada com a do SEEG. Isso não só facilitará a estimativa das emissões reduzidas dentro dos processos de produção de aço, mas também ajudará na estimativa mais correta das emissões setoriais e no cálculo de redução das emissões no caso de novos investimentos.
- C. Elaborar uma curva de abatimento marginal com base em dados primários para as rotas prioritárias e correlacioná-las com os processos de produção utilizadas como base das estimativas de emissão de GEE no sector siderúrgico (SEEG).
- D. Priorizar as tecnologias em função de potencial de redução de emissões contra o montante de investimento (para projetos green-field e de melhorias de processo) e complexidade de arranjos inter-setoriais para facilitar a escolha de projetos incentivados.

Financiamento da implantação das alternativas tecnológicas para redução de emissões no setor siderúrgico

- E. Focar a linha de incentivos nas tecnologias que possuem maior potencial de redução das emissões e/ou são facilmente escaláveis (base item C).
- F. Verificar a possibilidade de financiamento de implementação de NDCs dos consórcios que conjuntamente possam mitigar as emissões em mais de um setor. Por exemplo, base florestal + usina integrada, mitigando emissões de Uso do Solo e Processos Industriais; redução de consumo de termorredução + geração de energia elétrica, mitigando emissões de Processos e Industriais e Setor Elétrico.