



## **Um Estudo sobre o Uso da ADF e a Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa**

- 
- Silmère Luciane dos Reis - Engenheira Metalurgista - Nova Era Soluções Ambientais Ltda
  - Fernanda Kretschmer - Engenheira Ambiental – Nova Era Soluções Ambientais Ltda.
  - Raquel Luísa Pereira Carnin - Doutora em Química – Nova Era Soluções Ambientais Ltda.



## INTRODUÇÃO

A crescente conscientização sobre as mudanças climáticas intensificou iniciativas globais para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Embora o efeito estufa seja natural e vital para a vida, sua intensificação agrava as mudanças climáticas, com o aquecimento global como principal consequência (JACOBI *et al.*, 2011).

O aquecimento global é causado pelo acúmulo de gases do efeito estufa, especialmente dióxido de carbono, resultante da queima de combustíveis fósseis em indústrias, geração de eletricidade e transporte (OJIMA; MARANDOLA, 2013).

Desde a Revolução Industrial, as atividades industriais aumentaram significativamente as emissões de gases de efeito estufa, intensificando o aquecimento global e impactando a biodiversidade (Costa, 2023).

O mercado de carbono surge como uma ferramenta-chave no combate às mudanças climáticas, pois regula e reduz as emissões de gases de efeito estufa por meio da comercialização de créditos de carbono. No Brasil, essa redução pode melhorar a competitividade de indústrias como a do aço e alumínio.

Este estudo propõe uma simulação da redução de emissões ao utilizar a areia descartada de fundição (ADF), em substituição à areia virgem em uma obra de construção, destacando como soluções simples podem contribuir para a redução de emissões e a geração de créditos de carbono.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este artigo foi desenvolvido a partir de um levantamento de dados feito por meio de um formulário elaborado pela Nova Era Soluções Ambientais Ltda. O objetivo foi coletar informações sobre o consumo de energia na extração, manufatura e transporte de areia.

O formulário foi enviado a um fornecedor de areia de uma fundição de Joinville (SC). Para quantificar os resíduos de ADF transportados, foi utilizado o relatório de Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR) de 2023, 2024 e 2025 (até novembro). Os dados foram processados com a Ferramenta de Cálculo do PBGHG 2024 (Programa Brasileiro GHG Protocol), considerando os Escopos 1 e 2.

### Formulário de levantamento de dados

No formulário, foram coletadas as seguintes informações:

- a) Informações de transporte: Tipo de veículo e combustível utilizado;
- b) Equipamentos utilizados nas etapas do processo de extração, lavagem, peneiramento, classificação e secagem de areia;
- c) Fonte energética dos equipamentos utilizados no processo de obtenção da areia;
- d) Tempo de operação de cada equipamento;



- e) Consumo de energia/combustível por hora de operação.

## **DADOS LEVANTADOS**

### **Relatório de MTRs emitidos, referentes ao transporte de ADF para a obra**

Com base no relatório de MTRs emitidos em 2023, 2024 e 2025, foi gerada a tabela 1. NELA estão listadas as quantidades de ADF dispostas na obra e a quantidade de MTRs emitidos.

Considerando que cada MTR é uma carga, esse valor foi utilizado para quantificar a quantidade de viagens do ponto de geração (fundação) até a obra.

**Tabela 1 – Quantidade de ADF e de cargas transportadas para a obra**

DADOS		2023	2024	2025
Total areia enviada para a obra (tonelada)		42896,05	15124,56	14980,00
Total de cargas enviadas para a obra		3102	1317	1458

\*2025: dados até novembro.

### **Dados de consumo energético para produção de areia virgem**

Os dados levantados no formulário os valores obtidos no relatório de MTRs emitidos foram compilados (tabela 2).

**Tabela 2 – Consumo energético para produção e transporte de areia**

Consumos para produzir 1 ton de areia virgem						2023		2024		2025	
Processo	Equipamento	Tempo	Consumo	Fonte energética	Consumo para 1 tonelada de areia produzida	Qtde.	Unidade	Qtde.	Unidade	Qtde.	Unidade
Extração	Draga	30 minutos	30 l/h	Diesel	0,5	21.448,03	litro	7562,28	litro	7490,00	litro
Extração	Escavadeira	1 hora	25 l/h	Diesel	25	1.072.401,25	litro	378114,00	litro	374500,00	litro
Lavagem	Escavadeira	1 hora	25 l/h	Diesel	25	1.072.401,25	litro	378114,00	litro	374500,00	litro
Soma					50,5	2.166.250,53	litro	763.790,28	litro	756.490,00	litro
Lavagem	Motores elétricos	1 hora	190 kWh	Energia Elétrica	190	8.150.249,50	kWh	2873666,40	kWh	2846200,00	kWh
Peneiramento	Peneira vibratória	40 minutos	50 kWh	Energia Elétrica	37,5	1.608.601,88	kWh	567171,00	kWh	561750,00	kWh
Classificação	Vibrador	25 minutos	50 kWh	Energia Elétrica	25	1.072.401,25	kWh	378114,00	kWh	374500,00	kWh
Secagem	Fornos	40 minutos	200 kWh	Energia Elétrica	150	6.434.407,50	kWh	2268684,00	kWh	2247000,00	kWh
Soma em kWh					402,5	17.265.660,13	kWh	6.087.635,40	kWh	6.029.450,00	kWh
Total em MWh						17.265,66	MWh	6.087,64	MWh	6.029,45	MWh

Transporte Areia						Consumo total (litro)		
Material	Veículo	Distância do fornecedor até a obra km	Consumo km/l	Combustível	Consumo por viagem (ida e volta)	2023	2024	2025
Areia natural	Caminhões	31,1	2,5	Diesel	155,5	482.361,00	204.793,50	226.719,00
ADF	Caminhões	38,8	2,5	Diesel	194	601.788,00	255.498,00	282.852,00

\*2025: dados até novembro.

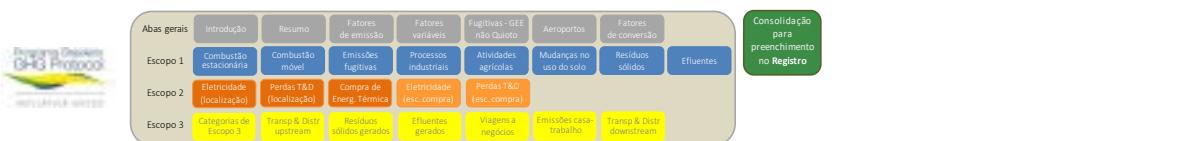


## RESULTADOS

### Cálculo das emissões de gases de efeito estufa para produção e transporte do total de areia disposta na obra

Utilizando a Ferramenta do Programa Brasileiro GHG Protocol v2024, foram calculadas as emissões de gases de efeito estufa que seriam emitidas para a produção e transporte da quantidade total de areia relativa à mesma quantidade de ADF foi disposta na obra no período de 2023 a 2025.

Para calcular as emissões relacionadas ao transporte, foi considerado o trecho entre o fornecedor de areia e a obra. A planilha de cálculo utilizada para o período estudado é demonstrada na figura 2, abaixo.



**Resumo das emissões totais de GEE: Fornecedor de Areia**

Ano do inventário: 2023

GEE (t)	Emissões em toneladas métricas, por tipo de GEE				Emissões em toneladas métricas de CO <sub>2</sub> equivalente (tCO <sub>2</sub> e)			
	Escopo 1	Escopo 2 (abordagem por "localização")	Escopo 2 (abordagem por "escolha de compra")	Escopo 3	Escopo 1	Escopo 2 (abordagem por "localização")	Escopo 2 (abordagem por "escolha de compra")	Escopo 3
CO <sub>2</sub>	6.149,045000	664,109000	-	-	6.149,045	664,109	-	-
CH <sub>4</sub>	0,0789000	-	-	-	2,184	-	-	-
N <sub>2</sub> O	0,0600000	-	-	-	15,900	-	-	-
HFCs	-	-	-	-	-	-	-	-
PFCs	-	-	-	-	-	-	-	-
SF <sub>6</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-
NF <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>6.167,129</b>	<b>664,109</b>						

Figura 2 – Planilha de cálculo para a produção e transporte de areia

### Cálculo das emissões de gases de efeito estufa para o transporte do total de ADF disposta na obra

Com a utilização da Ferramenta do Programa Brasileiro GHG Protocol v2024, foram calculadas as emissões de gases de efeito estufa relacionadas ao transporte das cargas de ADF dispostas na obra no período de 2023 a 2025, considerando o trecho entre a fundição geradora de ADF e a obra. A planilha de cálculo utilizada é demonstrada na figura 3.



#### Resumo das emissões totais de GEE: Obra Aeroporto - ADF

Ano do inventário: 2023

#### Emissões consolidadas, por tipo de GEE e escopos

GEE (t)	Emissões em toneladas métricas, por tipo de GEE				Emissões em toneladas métricas de CO <sub>2</sub> equivalente (tCO <sub>2</sub> e)			
	Escopo 1	Escopo 2 (abordagem por "localização")	Escopo 2 (abordagem por "escolha de compra")	Escopo 3	Escopo 1	Escopo 2 (abordagem por "localização")	Escopo 2 (abordagem por "escolha de compra")	Escopo 3
CO <sub>2</sub>	1.386,312000	-	-	-	1.386,312	-	-	-
CH <sub>4</sub>	0,097000	-	-	-	-	2,716	-	-
N <sub>2</sub> O	0,075000	-	-	-	-	19,875	-	-
HFCs	-				-			-
PFCs	-				-			-
SF <sub>6</sub>	-				-			-
NF <sub>3</sub>	-				-			-
<b>Total</b>					<b>1.408,903</b>			

Figura 3 – Planilha de cálculo para o transporte de ADF.

## Cálculo da redução de emissões ao utilizar ADF, em substituição à areia virgem

A partir dos valores obtidos nas planilhas de cálculo (figuras 2 e 3), os resultados foram tabulados para identificar a redução das emissões de CO<sub>2</sub>e, conforme demonstrado nas tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3 – Emissões de CO<sub>2</sub>e na produção de areia virgem

2023		
Emissões na produção de areia virgem		
Escopo	tCO <sub>2</sub> e	Emissão de CO <sub>2</sub> e/tonelada de areia
Escopo 1	6167,129	0,14
Escopo 2	664,109	0,02
<b>Total</b>	<b>6831,238</b>	<b>0,16</b>

2024		
Emissões na produção de areia virgem		
Escopo	tCO <sub>2</sub> e	Emissão de CO <sub>2</sub> e/tonelada de areia
Escopo 1	2257,962	0,15
Escopo 2	234,432	0,02
<b>Total</b>	<b>2492,394</b>	<b>0,16</b>

2025		
Emissões na produção de areia virgem		
Escopo	tCO <sub>2</sub> e	Emissão de CO <sub>2</sub> e/tonelada de areia
Escopo 1	2292,086	0,15
Escopo 2	232,191	0,02
<b>Total</b>	<b>2524,277</b>	<b>0,17</b>



**Tabela 4 – Emissões de CO<sub>2</sub>e no uso de ADF**

2023		
Emissões no uso de ADF		
Escopo	tCO <sub>2</sub> e	Emissão de tCO <sub>2</sub> e/tonelada de ADF
Escopo 1	1408,903	0,03
Escopo 2	0	0,00
<b>Total</b>	<b>1408,903</b>	<b>0,03</b>
2024		
Emissões no uso de ADF		
Escopo	tCO <sub>2</sub> e	Emissão de tCO <sub>2</sub> e/tonelada de ADF
Escopo 1	598,207	0,04
Escopo 2	0	0,00
<b>Total</b>	<b>598,207</b>	<b>0,04</b>
2025		
Emissões no uso de ADF		
Escopo	tCO <sub>2</sub> e	Emissão de tCO <sub>2</sub> e/tonelada de ADF
Escopo 1	662,128	0,04
Escopo 2	0	0,00
<b>Total</b>	<b>662,128</b>	<b>0,04</b>

A partir desses resultados, foi deduzido o total de emissões relativos ao uso de ADF, do total de emissões para a produção de areia virgem.

**Tabela 5 – Redução de emissões de CO<sub>2</sub>e com o uso de ADF**

DADOS	2023	2024	2025
Total areia enviada para a obra (tonelada)	42.896,05	15.124,56	14.980,00
Total de emissões com o uso de areia virgem (tCO <sub>2</sub> e)	6.831,24	2.492,39	2.524,28
Total de emissões com o uso de ADF (tCO <sub>2</sub> e)	1.408,90	598,21	662,13
<b>Total de redução de emissões com o uso de ADF (tCO<sub>2</sub>e)</b>	<b>5.422,34</b>	<b>1.894,19</b>	<b>1.862,15</b>
<b>Total de redução de emissões com o uso de ADF (tCO<sub>2</sub>e) no período</b>			<b>9.178,68</b>

## COMENTÁRIOS FINAIS

Os resultados desse estudo revelaram uma redução significativa das emissões de gases de efeito estufa ao utilizar a areia descartada de fundição (ADF) como reforço de subleito na construção de um aeroporto privado.

De janeiro de 2023 até novembro de 2025, houve uma redução de 9.178,68 toneladas de CO<sub>2</sub>e. Essa prática evita o consumo de energia necessária para extrair e produzir areia nova, demonstrando que o uso de resíduos traz benefícios ambientais e econômicos.

Além de diminuir as emissões, o uso de resíduos preserva recursos naturais, reduz o volume de descarte em aterros e pode gerar receitas com a venda de materiais recicláveis ou de produtos fabricados com materiais reciclados.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, Maria Luiza Giordano da: *Mudanças climáticas e impactos ambientais*. 2023. 82 f. TCC (Gra- duação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, Rs, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/28102>. Acesso em: 13 nov. 2023.

JACOBI, P. R.et al.: *Mudanças Climáticas: a resposta da educação*. Revista Educação Brasileira. v. 16 n. 46 jan.- abr. 2011. São Paulo. 16p.

OJIMA, R.; MARANDOLA JR, E.: *Mudanças climáticas e as cidades: novos e antigos debates na busca da sustentabilidade urbana e social*. Coleção População e Sustentabilidade. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2013. E-book.