

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ROMENIQUE RATON

**INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DE UMA
EMPRESA DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

CURITIBA

2018

ROMENIQUE RATON

**INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DE UMA
EMPRESA DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climática e Mercado de Carbono, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.

Orientador: Prof. PhD. Carlos Roberto Sanquetta
Co-orientador: Éden Moraes Pinto Júnior

CURITIBA

2018

INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DE UMA EMPRESA DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Romenique Raton¹

¹Bacharel em Ciências Biológicas pela Faculdade Católica Salesiana do Espírito Santo

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo verificar a quantidade de emissões de gases de efeito estufa em uma empresa de mineração e beneficiamento de rochas ornamentais, a Brasil Exportações de Mármore e Granitos Ltda, localizada no município de Viana, Espírito Santo. Para realizar o presente inventário foi utilizada a metodologia *GHG Protocol* que permite entender, quantificar e gerenciar as emissões. Durante o ano-base do presente inventário (2016), foram emitidos cerca de 372 tCO₂eq sendo o escopo 3 responsável por 55% das emissões (205 tCO₂eq), seguido pelo escopo 2 que contribuiu com 31% (116 tCO₂eq) e, em menor quantidade o escopo 1 que foi responsável por 14% das liberações (51 tCO₂eq). As emissões de gases de efeito estufa da empresa podem ser reduzidas porém, constatou-se a necessidade de implementar uma política de gestão ambiental mais eficiente e obter maior controle sobre o consumo de recursos materiais e energéticos.

Palavras-chave: *GHG Protocol*. Mineração. Mármore.

ABSTRACT

The present study aimed to quantify the greenhouse gas (GHG) emissions from a mining and ornamental rocks processing company named Brasil Exportações de Mármore e Granitos Ltda, located in the city of Viana, Espírito Santo. The GHG Protocol methodology was applied in order to understand, quantify and manage the GHG emissions. During the base year of this study (2016) approximately 372 tCO₂eq were emitted by the company, with the scope 3 being responsible for 55% of the emissions (205 tCO₂eq), followed by the scope 2 with 31% and the scope 1 with 14%. We conclude that the company's GHG emissions can be reduced, but only through the implementation of more efficient environmental management strategies in order to optimize the use of material and energy resources.

Key-words: GHG Protocol. Mining. Marble.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	OBJETIVO GERAL.....	7
1.1.1	Objetivos Específicos	7
2	METODOLOGIA.....	8
2.1	ÁREA DE ESTUDO	8
2.2	LIMITES DO INVENTÁRIO DE EMISSÕES.....	9
2.2.1	Limites Organizacionais.....	9
2.2.2	Limites Operacionais	9
2.2.3	Metodologia de Cálculo e Fatores de Emissão	10
2.3	CÁLCULO E FATORES DE EMISSÃO DO ESCOPO 1.....	10
2.3.1	Emissão por Combustão Estacionária.....	10
2.3.2	Emissões por Combustão Móvel	12
2.3.3	Emissões Fugitivas.....	13
2.3.4	Demais Categorias de Escopo 1	13
2.4	CÁLCULO E FATORES DE EMISSÃO DO ESCOPO 2.....	14
2.4.1	Emissões por Compra de Energia Elétrica	14
2.4.2	Demais Categorias do Escopo 2	15
2.5	CÁLCULO E FATORES DE EMISSÃO DO ESCOPO 3.....	15
2.5.1	Categorias de Escopo 3	15
2.5.2	Transporte e Distribuição (<i>upstream</i>)	15
2.5.3	Deslocamento Casa-trabalho	16
2.5.4	Demais Categorias do Escopo 3	16
2.5.5	Coleta de Dados.....	16
3	RESULTADOS.....	18
3.1	RESUMO DAS EMISSÕES DE ESCOPO 1.....	19
3.2	RESUMO DAS EMISSÕES DE ESCOPO 2.....	21
3.3	RESUMO DAS EMISSÕES DE ESCOPO 3.....	22
3.4	FATORES DE EMISSÕES NO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS.....	24
3.5	SUGESTÕES PARA REDUZIR AS EMISSÕES	24
4	CONCLUSÃO.....	26
5	REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas sempre fizeram parte da história do nosso planeta, a ocorrência de ciclos de aquecimento e resfriamento global são relatadas na ciência e datadas antes mesmo da existência dos seres humanos (MOLION, 2007).

As variações climáticas registradas ao longo da história da Terra decorreram de fenômenos naturais mas, atualmente, tem se percebido uma rápida elevação na temperatura média, algo entorno de 0,2°C por década, e não há conhecimento de fenômeno natural que justifique a velocidade desse aumento (NOBRE; REID; VEIGA, 2012).

Com as evidências apontando cada vez mais que o aquecimento global está relacionado com as atividades humanas, várias organizações do setor privado de diversos países estão gerenciando de forma voluntária suas emissões de carbono, evitando assim futuras sanções, além de diferenciar o seu negócio por meio de uma boa imagem corporativa e ambiental.

Realizar a gestão dos gases de efeito estufa (GEE) é uma das formas de garantir uma boa visibilidade da empresa e diferenciar o seu produto no mercado e o inventário de GEE é um dos instrumentos que pode ser adotado para este fim.

O *GHG Protocol* é uma das ferramentas utilizadas para entender, quantificar e gerenciar emissões de GEE, desenvolvida nos Estados Unidos no ano de 1998, pelo *World Resources Institute* (WRI), tornou-se o método mais utilizado por empresas e governos na realização de inventários de GEE. O *GHG Protocol* é compatível com os métodos de quantificação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) e com a norma ISO 14.064 (GHG PROTOCOL, 2017).

Em 2008, o Centro de Estudos em Sustentabilidade (GVces) e o WRI adaptaram o método *GHG Protocol* para o contexto brasileiro em parceria com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) e o *World Business Council for Sustainable Development* (WBSCD) e mais 27 empresas fundadoras (GHG PROTOCOL, 2017).

Considerando os cenários climáticos pessimistas que se mostram no horizonte futuro, a possibilidade do surgimento de regulamentações que limitarão as emissões de GEEs de empreendimentos parece cada vez mais certo, e as empresas

que realizam inventários de emissões de forma voluntária terão maiores facilidades de se adaptar e minimizados os impactos das novas exigências.

1.1 OBJETIVO GERAL

Realizar o inventário de emissões de gases de efeito estufa de uma empresa de mineração e beneficiamento de rochas ornamentais no Estado do Espírito Santo com ano base 2016.

1.1.1 Objetivos Específicos

- a) Identificar e classificar as fontes de emissões de gases de efeito estufa presentes nas atividades da empresa;
- b) Estimar o total de emissões em cada escopo;
- c) Determinar o fator emissão de CO₂eq no processo de beneficiamento de rochas ornamentais;
- d) Propor medidas para possíveis reduções nas emissões.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Viana localiza-se na região metropolitana do Estado do Espírito Santo, possui uma população de 76.776 habitantes, distribuídos em uma área de 312.279 km², o que representa uma densidade demográfica de 207,84 habitantes por km² (IBGE CIDADES, 2017).

Conforme a proposta de classificação climática de Köppen-Geiger (1900), o município de Viana encontra-se em clima tropical – Aw com temperatura média anual de 24,8°C e precipitação média anual de 1.121 mm (CLIMATE-DATA, 2017).

O inventário de emissões de GEE foi realizado na Brasil Exportação de Mármore e Granitos Ltda., empresa de porte médio do setor de mineração e beneficiamento de rochas ornamentais pertencente ao Zanet Group desde 1985 (Holding controladora de empreendimentos ligados à mineração de rochas ornamentais no Brasil, Itália e USA), que possui apenas uma unidade administrativa e de beneficiamento localizada na BR-262 km 12,5, 5655 - Parque Industrial, Viana – ES, com capacidade instalada para produção de até 40.000 m²/mês de chapas de rochas ornamentais (Figura 1).

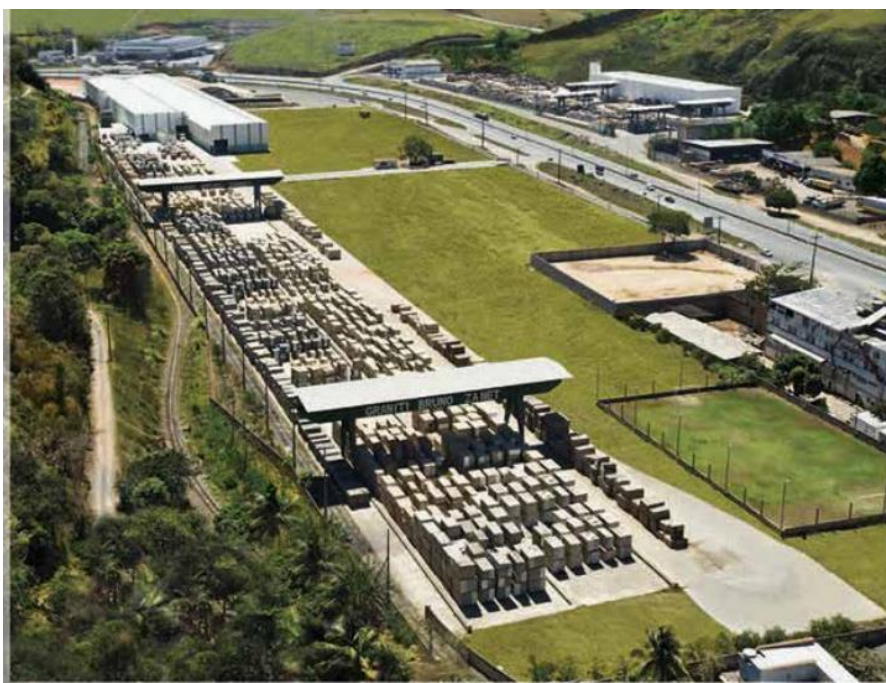


FIGURA 1: Ilustração da Brasil Exportações de Mármore e Granitos Ltda.
FONTE: Acervo da Brasil Exportações de Mármore e Granitos Ltda., 2017.

2.2 LIMITES DO INVENTÁRIO DE EMISSÕES

A determinação dos limites e das emissões da Brasil Exportação de Mármore e Granitos Ltda. foi realizada conforme proposto na metodologia do Programa Brasileiro GHG *Protocol* seguindo os seis passos básicos para a realização de inventários, sendo eles: definição dos limites organizacionais, definição dos limites operacionais, seleção da metodologia de cálculo e fatores de emissões, coleta de dados, cálculo das emissões e elaboração do relatório de emissões de GEE.

2.2.1 Limites Organizacionais

Foram consideradas as informações referentes a unidade matriz da Brasil Exportação de Mármore e Granitos Ltda. que engloba a parte administrativa e de beneficiamento de rochas ornamentais, e a empresa possui 100% do controle operacional da unidade.

2.2.2 Limites Operacionais

Foram inventariadas as emissões provenientes das atividades desempenhadas pela unidade matriz da empresa em todo o território nacional, no período de janeiro à dezembro de 2016. As emissões foram classificadas em escopos conforme a descrição a seguir:

Escopo 1: são as atividades que pertencem ou são controladas pela organização e correspondem as emissões diretas de GEE, como por exemplo, as emissões de combustão em caldeiras, fornos ou veículos da empresa.

Escopo 2: são as emissões indiretas que estão associadas à compra e ao consumo de energia elétrica.

Escopo 3: são as emissões indiretas por consequência das atividades da empresa, e podem não pertencer ou não serem controladas pela organização, como por exemplo: transporte de empregados, transporte de resíduos e viagens de negócios de empregados.

2.2.3 Metodologia de Cálculo e Fatores de Emissão

Para verificar o total de GEE emitidas pela Brasil Exportação de Mármore e Granitos Ltda. foi utilizado uma planilha de cálculos (versão 2017_v4) desenvolvida pelo Programa Brasileiro GHG *Protocol* no Software Microsoft Excel®. A planilha possui fórmulas e fatores de emissões previamente definidos e relatados pelos órgãos competentes, além de possibilitar que as fontes de emissões possam ser calculadas por escopo como pode ser observado na Figura 2.

Abas gerais	Introdução	Resumo	Fatores de emissão	Fatores variáveis	Aeroportos	Fatores de conversão	Menu de navegação	
Escopo 1	Combustão estacionária	Combustão móvel	Emissões fugitivas	Processos industriais	Agrícolas	Mudanças no uso do solo	Resíduos sólidos	Efluentes
Escopo 2	Compra de Energia Elétrica	Compra de Energia Térmica						
Escopo 3	Categorias de Escopo 3	Transporte & Distribuição (upstream)	Resíduos sólidos gerados na operação	Efluentes gerados na operação	Viagens a negócios	Deslocamento casa-trabalho	Transporte & Distribuição downstream	

FIGURA 2 – Representação da ferramenta GHG *Protocol*_v2017_v4
 FONTE: GHG PROTOCOL (2017)

A planilha permite que o usuário insira os dados em campos pré-determinados pela ferramenta, observando as grandezas exigidas para cada item, realizando os cálculos parciais e totais de emissões.

2.3 CÁLCULO E FATORES DE EMISSÃO DO ESCOPO 1

2.3.1 Emissão por Combustão Estacionária

Emissões por combustão estacionárias são aquelas provenientes da queima de combustível para a produção de vapor de água, calor ou eletricidade e que não esteja ligada a um meio de transporte.

Para realizar os cálculos, cada combustível recebeu um fator de emissão previamente definido na metodologia do Programa Brasileiro GHG *Protocol*, possibilitando a quantificação das emissões de CO₂, CH₄ e N₂O provenientes da

queima de combustíveis. Os fatores de emissão para os combustíveis utilizados nas atividades de beneficiamento de rochas ornamentais são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 – Fatores de emissão dos combustíveis inventariados por combustão estacionária.

Combustível	Fator de Emissão (kg.un ⁻¹)			Unidade
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	2,932	0,04647	0,004647	Toneladas
Lubrificantes	2,7	0,00011	0,000022	Toneladas

FONTE: ANP (2012) apud GHG *Protocol* (2017).

Para a realização dos cálculos são necessários, além dos fatores de emissões, que sejam levados em consideração a densidade e o poder calorífico dos combustíveis como pode ser visto na Tabela 2.

TABELA 2 – Poder calorífico e densidade dos combustíveis inventariados

Combustível	Poder Calorífico Inferior (PCI)	Densidade	Unidade	Fonte da informação
	(GJ.t ⁻¹)	(kg.un ⁻¹)		
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	46,5	1.000	Toneladas	BEN, 2016
Lubrificantes	42,4	0.88	Litros	BEN, 2016

FONTE: Extraído de “Fatores de Emissões” apud GHG *Protocol* (2017).

As emissões dos GEEs liberados pela queima de combustíveis fósseis na categoria de combustão estacionária foram calculadas conforme a Equação 01 contida em GHG *Protocol* (versão 2016.2) apud Szczepanik (2017) que segue:

$$Em_{GEE} = Cons_f \times Dens_f \times PC_f \times FE_{GEE,f} \quad (1)$$

Em que:

Em_{GEE} – Emissões de Gás de Efeito Estufa (tCO₂eq);

Cons_f – Quantidade Consumida do combustível do tipo f;

Dens_f – Densidade do combustível do tipo f;

PC_f – Poder calorífico do combustível do tipo f;

FE_{GEE,f} – Fator de emissão do GEE para combustível do tipo f.

2.3.2 Emissões por Combustão Móvel

Emissões por combustão móvel são provenientes da queima de combustível para produção de movimento ou para percorrer um trajeto. Para quantificar as emissões por transporte rodoviário a planilha do GHG *Protocol* (v2017_v4) oferece 03 opções para realizar as estimativas, contudo, neste inventário foi utilizada a opção 2 que calcula as emissões por tipo de combustível sendo, inclusive, considerada a segunda mais precisa. Os fatores de emissão dos combustíveis utilizados nas atividades de transporte rodoviário estão listados na Tabela 3.

TABELA 3 – Fatores de emissão dos combustíveis inventariados por combustão móvel.

Combustível	Fator de Emissão (kg.un ⁻¹)			Unidade
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Óleo Diesel (puro)	2,603	0,0001	0,00014	Toneladas
Gasolina Automotiva (pura)	2,212	0,0008	0,00026	Toneladas
Gás Natural Veicular (GNV)	1,999	0,0034	0,00011	Toneladas

FONTE: BEN (2016) apud GHG *Protocol* (2017).

As emissões dos GEEs liberados pela queima de combustíveis fósseis na categoria de combustão móvel foram calculadas conforme a Equação 2 contida em GHG *Protocol* (versão 2016.2) apud Szczepanik (2017) que segue:

$$Em_{GEE} = Cons_f \times FE_{GEE,f} \quad (2)$$

Em que:

Em_{GEE} – Emissões de Gás de Efeito Estufa (kg.ano⁻¹);

$Cons_f$ – Quantidade Consumida do combustível do tipo f (L.ano⁻¹);

$FE_{GEE,f}$ – Fator de emissão do GEE de interesse para o combustível.

2.3.3 Emissões Fugitivas

As emissões fugitivas são caracterizadas, na maioria das vezes, por não haver intencionalidade na sua liberação, que ocorre durante a produção, processamento, transmissão, armazenagem ou uso do gás.

Para quantificar as emissões fugitivas a planilha do *GHG Protocol* (v2017_v4) possibilita utilizar 03 opções para realizar as estimativas. Neste inventário utilizou-se a opção 1 – Abordagem por “Estágio de Ciclo de Vida” desenvolvida para usuários que contratam os serviços de manutenção dos sistemas de refrigeração e ar condicionado (RAC) ou de extintores de incêndio e, utiliza a Equação 3 disponível em *GHG Protocol* (v2017_v4) descrita abaixo:

$$E = (EUN + EUE + EUD) \times GWP \quad (3)$$

Em que:

E = emissões em CO₂eq (kg);

EUN = emissões da instalação de novas unidades: gás usado para carregar o equipamento novo menos capacidade do equipamento (a diferença corresponde às perdas para a atmosfera);

EUE = gás adicionado a unidades existentes como manutenção pela organização ou fornecedor (não inclui pré-cargas feitas pelo fabricante);

EUD = emissões do descarte de unidades antigas: capacidade da unidade dispensada menos a quantidade de gás recuperada (a diferença corresponde às perdas);

GWP = Potencial de aquecimento global para o gás do tipo GEE.

2.3.4 Demais Categorias de Escopo 1

Não foram encontradas emissões relativas a processos industriais, atividades agrícolas, mudanças no uso do solo, resíduos sólidos e efluentes pois, essas atividades não ocorrem dentro das delimitações organizacionais abrangidas por este inventário.

2.4 CÁLCULO E FATORES DE EMISSÃO DO ESCOPO 2

2.4.1 Emissões por Compra de Energia Elétrica

Para calcular as emissões provenientes do consumo de energia foram utilizados os fatores de emissão do Sistema Interligado Nacional (SIN) para o ano base do inventário (Tabela 4).

Tabela 4. Fatores de emissão (tCO₂eq. MWh⁻¹) do Sistema Integrado Nacional (SIN) para o ano de 2016.

Mês	Fator médio mensal	Mês	Fator médio mensal
Janeiro	0,0960	Julho	0,0725
Fevereiro	0,0815	Agosto	0,0836
Março	0,0710	Setembro	0,0897
Abril	0,0757	Outubro	0,0925
Mai	0,0701	Novembro	0,1002
Junho	0,0760	Dezembro	0,0714
Fator médio anual			0,0817

FONTE: MCTI (2017).

A partir dos dados mensais de consumo de energia elétrica utilizou-se a Equação 4 contida em *GHG Protocol* (versão 2016.2) apud Szczepanik (2017) que segue:

$$Em_{mes} = \frac{Cons_{mes} \times FE_{mes}}{1000} \quad 4$$

Em que:

Em_{mes} – Emissões de CO₂ para o mês avaliado (tCO₂eq);

Cons_{mes} – Consumo de energia elétrica de compra (tCO₂eq.KWh⁻¹);

FE_{mes} – Fator de emissão de CO₂ para o mês avaliado (tCO₂eq.MWh⁻¹).

Para obter o total de emissões do ano base deste inventário em decorrência do consumo de energia elétrica, os valores mensais de cada um dos doze meses foram somados.

2.4.2 Demais Categorias do Escopo 2

Não foram constatadas compras de energia térmica pela empresa durante o ano base.

2.5 CÁLCULO E FATORES DE EMISSÃO DO ESCOPO 3

2.5.1 Categorias de Escopo 3

Para calcular as emissões provenientes da aquisição de “Bens e serviços comprados” classificadas como categoria 1, foram realizadas pesquisas em sites especializados que divulgam os relatórios de emissões de empresas como o do Programa Brasileiro GHG *Protocol*, além de sites próprios dos fabricantes consultando, por exemplo, os relatórios de sustentabilidade.

Ao se constatar a quantidade de CO₂eq emitidos para a produção de cada item, bens ou serviços comprados do fabricante o valor foi lançado no campo apropriado na planilha e incorporado ao total do inventário.

2.5.2 Transporte e Distribuição (*upstream*)

As emissões por Transporte e Distribuição (*upstream*) são provenientes da queima de combustível em veículos e instalações que não pertencem e nem são operados pela organização. Estas emissões ocorrem quando a empresa inventariante compra ou adquire serviços terceirizados de transporte e/ou distribuição no ano inventariado. A planilha do GHG *Protocol* (v2017_v4) oferece 4 opções para realizar as estimativas, contudo, neste inventário foi utilizada a opção 2 que calcula as emissões por tipo de combustível sendo, inclusive, considerada a segunda mais precisa. Os fatores de emissão dos combustíveis (Tabela 3) e as equações utilizados para os cálculos de atividades de transporte rodoviário são os mesmos que descrito no item 2.3.2.

2.5.3 Deslocamento Casa-trabalho

Para calcular as emissões provenientes do transporte de funcionários em seu deslocamento diário entre casa e trabalho, realizado em veículos particulares ou transporte público (trem, metrô urbano, ônibus municipal e de viagem) foi atribuído para cada tipo de veículo um fator de emissão previamente definido na metodologia do Programa Brasileiro GHG *Protocol*, possibilitando a quantificação das emissões de CO₂, CH₄ e N₂O provenientes da queima de combustíveis (Tabela 6).

TABELA 6 – Fatores de emissão dos meios de transporte utilizados no trajeto casa trabalho.

Combustível	Fator de Emissão (kg.un ⁻¹)			Unidade
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Automóvel flex a gasolina	2,21	0,0002	0,0002	Toneladas
Ônibus municipal	0,9291	0,000005	0,000005	Toneladas

FONTE: METRÔ (2014) apud GHG *Protocol* (2017)

2.5.4 Demais Categorias do Escopo 3

Não foram encontradas emissões relativas a resíduos sólidos gerados na operação, efluentes gerados na operação, viagens a negócios e transporte & distribuição (downstream) pois, essas atividades não ocorrem dentro das delimitações organizacionais abrangidas por este inventário.

2.5.5 Coleta de Dados

A coleta de dados foi dividida em duas etapas, a primeira foi a realização de uma visita técnica para conhecer as instalações e os procedimentos operacionais realizadas pela empresa, bem como, o conhecimento prévio das atividades geradoras de emissões de GEE.

A segunda etapa consistiu no levantamento dos recursos materiais e energéticos consumidos pela empresa e a sua classificação em escopos.

As combustões estacionárias e móveis foram estimadas por meio de notas fiscais nos gastos com combustíveis como o GLP, gasolina e diesel para o funcionamento de fornos, veículos pesados e leves.

Os dados do consumo de energia elétrica foram levantados por meio do sistema online da Energias de Portugal (EDP), empresa concessionária atuante no Espírito Santo.

Os recursos consumidos nas categorias de escopo 3 foram determinadas por meio de notas fiscais controlados pelo setor de compras, enquanto que as informações de deslocamento casa-trabalho foram obtidas por meio de consulta a ficha cadastral dos empregados armazenados no setor Recursos Humanos.

3 RESULTADOS

No presente inventário foram encontradas 13 fontes de emissões de GEEs distribuídas em sete categorias. Os escopos 1 e 3 tiveram o maior número de categorias envolvidas, sendo a combustão estacionária, combustão móvel e emissões fugitivas relacionadas ao escopo 1 e, categorias de escopo 3, Transporte e Distribuição (*upstream*) e deslocamento casa-trabalho encontradas no escopo 3. A relação completa das fontes de emissões classificadas por categorias e escopos pode ser observada na figura 3.

Escopo	Categoria	Fonte de Emissão de GEE	Recurso Utilizado
1	Combustão estacionária	Fornos de aquecimento	Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)
		Máquinas em geral	Lubrificantes
	Combustão móvel	Empilhadeiras	Gás Natural Veicular (GNV)
		Veículo leve	Gasolina Automotiva
		Veículo pesado	Óleo Diesel (comercial)
	Emissões fugitivas	Extintores	Água pressurizada
		Extintores	CO2
		Extintores	Pó químicos
	2	Compra de energia elétrica	Máquinas em geral (Pórticos, pontes rolantes,
3	Categorias de escopo 3	Serraria e acabamento	Lâminas, granalhas, parafusos, arruelas, porcas e pregos.
	Resíduos sólidos gerados na operação	Lama abrasiva	Transporte por terceirizada
	Deslocamento casa-trabalho	Transporte público (ônibus municipal)	Combustível fóssil (diesel)
		Veículos particulares	Combustível fóssil (gasolina)

Figura 3 – Classificação e identificação das fontes de emissões por escopo.
 FONTE: o autor (2017)

3.1 RESUMO DAS EMISSÕES DE ESCOPO 1

O escopo 1 foi o que contribuiu com o maior número de fontes de emissões (Figura 3), foram identificados oito fontes. Destes cerca de 60% estão associados a queima de combustíveis fósseis para geração de calor, produção de movimento ou para percorrer um trajeto. No entanto, em termos quantitativos de emissões, o escopo 1 foi o que menos liberou GEEs, com cerca de 51 tCO₂eq, que representa cerca de 14% do total de emissões da empresa (Figura 4).

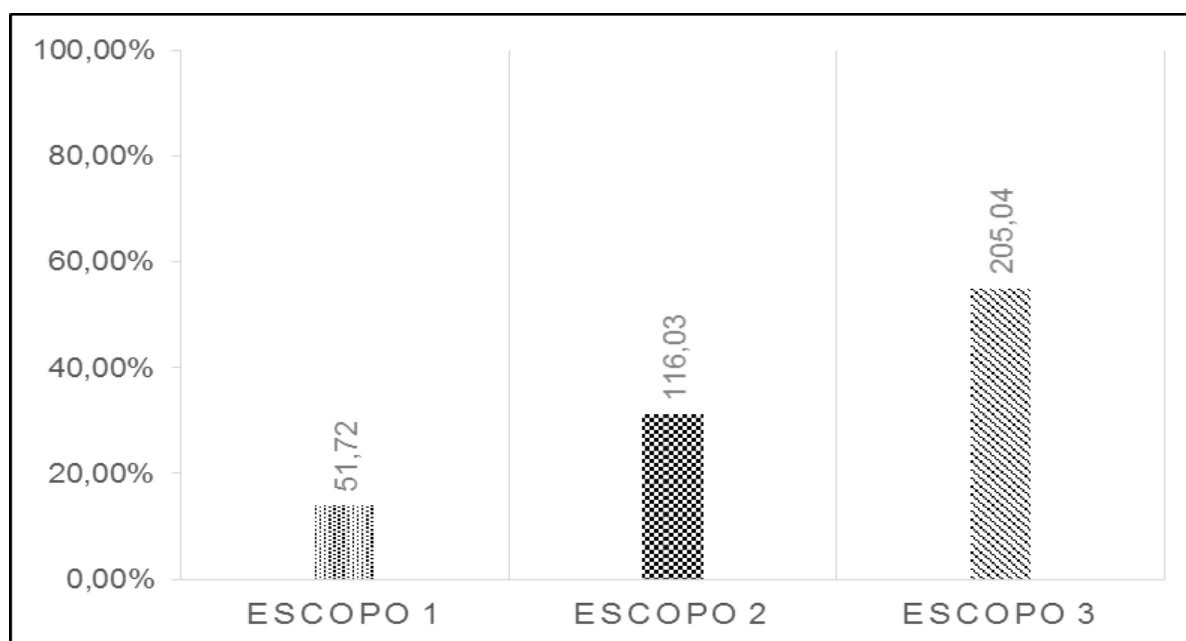


Figura 4 – Perfil das emissões por escopo na Brasil Exportações de Mármore e Granitos Ltda.
 FONTE: o autor (2017)

O presente estudo diverge dos dados apresentados pelo II Inventário de Gases de Efeito Estufa do Setor Mineral, trabalho que foi organizado pelo Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) em 2014, onde o escopo 1 foi responsável por 97% das emissões nas indústrias de mineração, inventário que incluiu o setor de rochas ornamentais.

No entanto, vale ressaltar que os autores relataram dificuldades em conseguir dados referentes ao setor de rochas ornamentais e consideraram como “importante iniciar a avaliação, mesmo como uma primeira aproximação”. Desta forma, consideraram para o setor de rochas ornamentais somente o consumo de combustíveis, o que explica o predomínio do escopo 1.

Ao classificar o perfil das emissões dentro do escopo 1, encontramos a categoria “Combustão estacionária” como a maior responsável pela liberação de

GEEs, foram cerca de 49 tCO₂eq. Tais emissões possuem origem na utilização de combustíveis fósseis, principalmente o GLP, nos fornos de aquecimento utilizados para a secagem das chapas (Figura 5).

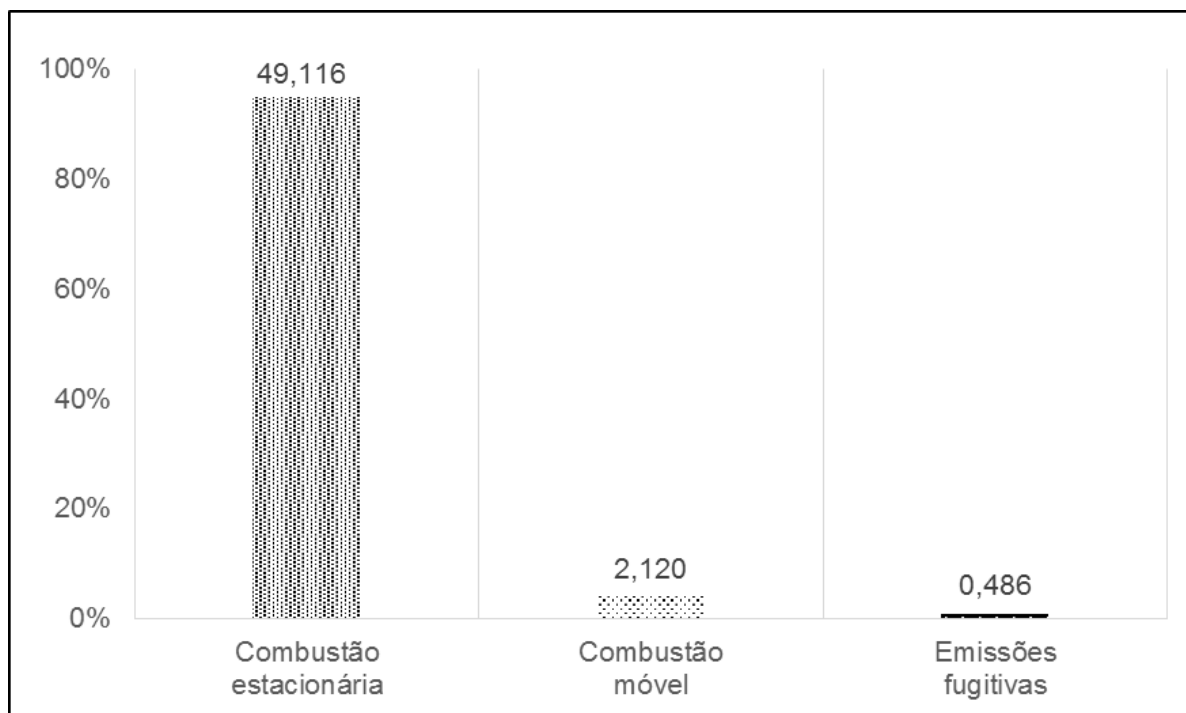


Figura 5 – Perfil das emissões do escopo 1.

Fonte: O autor

A categoria “Combustão móvel” foi a segunda que mais contribuiu com a liberação de GEEs, foram cerca de 2 tCO₂eq. Dentre os combustíveis utilizados, o diesel foi o que mais contribuiu para emissões. Perfil semelhante foi descrito no inventário apresentado pela MRV (GUIMARAES, *et al.*, 2017) onde as empilhadeiras eram os maiores consumidores do combustível e, para reduzir as emissões, foi providenciada a troca do diesel para o GLP que trouxe uma redução de 15% das emissões.

Por fim, a categoria “Emissões fugitivas” teve a menor participação na liberação de GEEs, foram apenas 0,486 tCO₂eq. As principais fontes de emissões foram os extintores de incêndio que anualmente são utilizados para treinamento da brigada de incêndio dentro da Brasil Exportações de Mármore e Granitos Ltda.

3.2 RESUMO DAS EMISSÕES DE ESCOPO 2

Como apresentado anteriormente (Figura 4), o escopo 2 foi o segundo maior emissor de GEEs, foram liberados 116,030 tCO₂eq o que corresponde a 31% do total de emissões da empresa. Durante o ano base do presente inventário (2016), foram consumidos 1.431.550,464 kW, o perfil de consumo mensal pode ser observado na Tabela 7. O alto consumo de eletricidade pode ser explicado pelo uso de equipamentos específicos para a serragem (ou desdobramentos) dos blocos de rochas em chapas como por exemplo: o tear multilâmina ou multifio e, do polimento das chapas com a utilização de politrizes e a levigatriz.

Tabela 7 – Consumo mensal de eletricidade e total de emissão pela Brasil Exportações de Mármore e Granito Ltda. no Escopo 2

Mês	Consumo	Fator de Emissão	tCO₂eq
Janeiro	88.798	0,0960	8.525
Fevereiro	89.868	0,0815	7.324
Março	93.596	0,0710	6.645
Abril	117.630	0,0757	8.905
Mai	137.345	0,0701	9.628
Junho	166.027	0,0760	12.618
Julho	143.764	0,0725	10.423
Agosto	128.264	0,0836	10.723
Setembro	141.677	0,0897	12.708
Outubro	83.707	0,0925	7.743
Novembro	124.656	0,1002	12.491
Dezembro	116.212	0,0714	8.298
Consumo anual			1.431.550
Total de Emissões			116.030

FONTE: o autor (2017)

Dentre os equipamentos movidos a eletricidade na empresa, destacamos a presença dos teares multilâminas e multifio. Estes equipamentos participam do processo de serragem/desdobramento dos blocos, segundo Silveira, et al., 2014 esta é a etapa que mais consome recursos energéticos, sendo responsável por 60% do consumo de energia e a unidade de tear multilâmina, que é menos vantajosa em relação ao tear multifio (Figura 6), chega a consumir em média 180.000 kW/mês.



Figura 6: Desdobramento de rochas ornamentais utilizando tear multifio (esquerda) com detalhe do corte (direita).

FONTE: Ciméf metalurgia, 2018

3.3 RESUMO DAS EMISSÕES DE ESCOPO 3

O escopo 3 foi o maior emissor de GEEs da Brasil Exportações de Mármore e Granitos Ltda. (Figura 4), foram liberados cerca de 205 tCO₂eq o que corresponde a 55% do total de emissões da empresa. As emissões de escopo 3 ocorreram principalmente nas Categorias de escopo 3 - Categoria 1 “Bens ou serviços comprados” por meio da aquisição de materiais utilizados no setor de serraria.

No decorrer do ano-base foram consumidos cerca de 100 toneladas de aço nas formas de lâminas e granalhas utilizados pelo tear multilamina e segundo os dados do Relatório de Sustentabilidade da Arcelor Mittal (2017) para cada tonelada de aço produzida são emitidos 1,8 tCO₂eq, considerando este fator, foram emitidos 180 tCO₂eq somente nesta categoria (Figura 7).

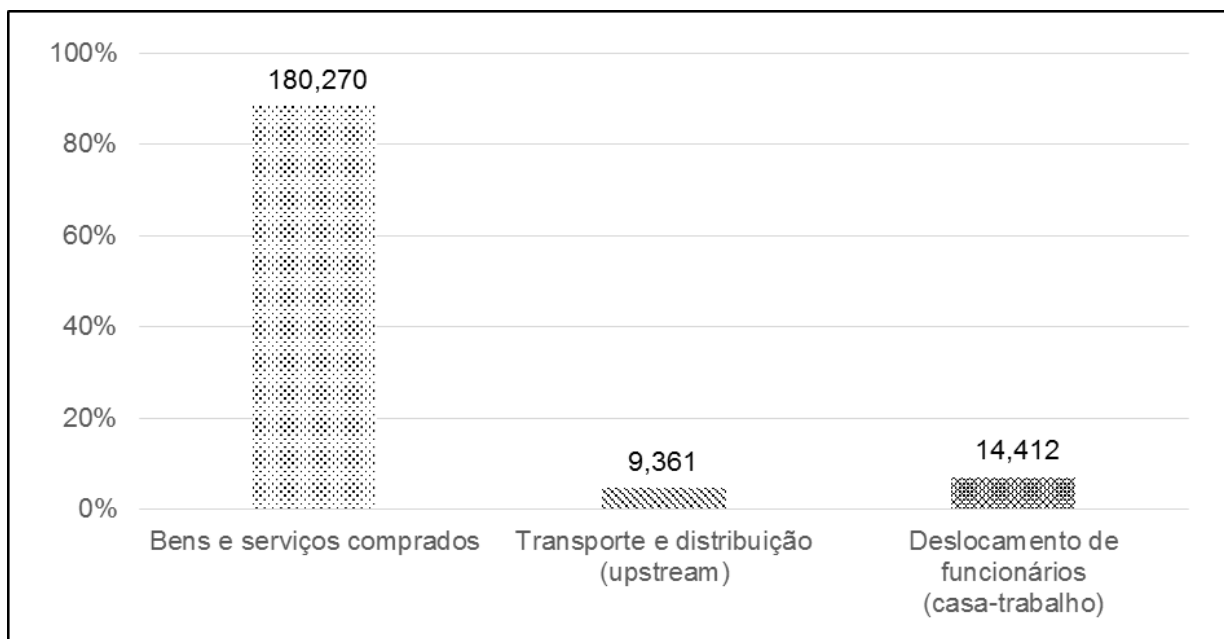


Figura 7 – Perfil das emissões do escopo 3
 FONTE: O autor (2017)

O predomínio das emissões associadas a categoria 1 “Bens ou serviços comprados” também foi relatado nos inventários da Renova Energia (2014; 2015), onde correspondeu a 94% e 95% das emissões, respectivamente. Os organizadores justificaram que tais emissões foram “*devido às atividades de construção do parques eólicos, que são intensivas no consumo de diesel em frotas contratadas para a construção civil e de logística*”.

A categoria “Deslocamento Casa-trabalho” contribuiu com a liberação de cerca de 14 tCO₂eq, essas emissões estão associadas principalmente ao uso de veículos particulares para realização do trajeto casa-trabalho. Segundo o inventário apresentado por Carvalho *et al.*, 2017 esta foi a categoria que mais emitiu GEEs para o *Campus* Gávea da PUC-Rio, e justificou-se devido à grande quantidade de frequentadores do *campus*, cerca de 20 mil alunos.

Por fim, a categoria “Transporte e Distribuição – *UpStream*” foi a que menos liberou GEEs, cerca de 9 tCO₂eq, estas emissões estão associadas ao transporte de resíduos do pátio da Brasil Exportações de Mármore e Granitos Ltda. até o aterro sanitário por meio de empresa terceirizada.

3.4 FATORES DE EMISSÕES NO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS.

Durante o ano base do presente inventário, foram beneficiados pela Brasil Exportações de Mármore e Granitos Ltda. 397 blocos de rochas ornamentais, o que corresponde a 109.120,00m² e representa o equivalente a 21.819 chapas devidamente polidas e prontas para comercialização. Considerando que para beneficiar essa quantidade rochas foram emitidas 372,79 tCO₂eq, desta forma, obtemos um fator de emissão de 0,003 tCO₂eq.m⁻² e um total de 0,017 tCO₂eq.un⁻¹, respectivamente.

3.5 SUGESTÕES PARA REDUZIR AS EMISSÕES

A serragem ou desdobramento dos blocos de rochas em chapas é a etapa que mais contribuiu para o consumo de materiais e energia. Percebemos que este é o setor onde são necessários os maiores investimentos em tecnologias e ferramentas de gestão para evitar desperdícios.

Considerando que a empresa possui dois tipos de teares (multilamina e multifio) sugerimos, sempre que possível, priorizar a utilização do tear multifio pois, este apresenta maior produtividade e menor consumo de recursos materiais e energéticos (ROCHA e GADIOLI, 2017; SILVEIRA, et al., 2014).

Durante a realização deste inventário, foi percebido que a empresa não possui controle no consumo dos recursos necessários no processo beneficiamento de rochas, ou seja, a empresa não sabe se há o consumo exacerbado de um ou outro item. Diante deste cenário, sugerimos a adoção da NBR ISO 14040 – Gestão Ambiental – Avaliação de Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura para avaliar todas as entradas (matérias primas como: rochas, lâminas, granalhas, fio diamantado, energia e etc.) e saídas (quantidade rochas beneficiados em m² ou de chapas) dos processos de serragem e polimento. A adoção destas práticas permitirá a empresa mensurar se os custos de produção de um determinado período ou ano foram altas ou, dentro do esperado (ROCHA e GADIOLI, 2017; ABNT, 2009a).

A implementação de ferramentas de gestão ambiental, como a ISO 14040, poderá trazer ganhos financeiros para empresa por meio da redução de custo de

produção. Outro ganho é a possibilidade de criar e manter uma base de dados que poderá subsidiar novas edições do relatório de emissões de GEEs como a deste trabalho, além de atender um crescente demanda por parte dos órgãos de fiscalização quanto a pegada ambiental das empresas ligadas ao setor de mineração (IBRAM, 2014; SILVA, 2011; SOUZA, 2007).

4 CONCLUSÃO

A realização deste inventário permitiu identificar e quantificar as emissões de GEEs da Brasil Exportações de Mármore e Granitos Ltda. Durante o ano base de 2016 foram liberados 372,79 tCO₂eq para o beneficiamento de 109.120,00 m² de rochas ornamentais o que equivale a 21.819 chapas devidamente polidas e prontas para comercialização. O inventário também permitiu estabelecer o fator de emissões para o beneficiamento de rochas, sendo de 0,003 tCO₂eq por m² e de 0,017 tCO₂eq por chapa (unidade).

Dentre os escopos analisados, o escopo 3 foi responsável pela maior parte das emissões, foram cerca de 205 tCO₂eq o que corresponde a 55% do total de emissões. As Categorias de Escopo 3 foram as que mais contribuíram, principalmente a “Categoria 1 – Bens e Serviços Comprados” devido a aquisição de materiais de consumo para o funcionamento do tear multilâminas.

As emissões apresentadas pela empresa podem ser reduzidas porém, será necessário implementar uma política de gestão ambiental mais eficiente e obter maior controle sobre o consumo de recursos materiais e energéticos. Simultaneamente, poderá ser criado um banco de dados que possibilitará quantificar a pegada ambiental da empresa e subsidiar novas edições do inventário de emissões e atender possíveis legislações futuras.

5 REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. 22 p. (Norma ABNT NBR ISO 14040). 2009.

ARCELOR MITTAL BRASIL. **Relatório de Sustentabilidade 2016**. Belo Horizonte: Gerencia Geral de Relações Institucionais e Sustentabilidade, 2017. 171 p.

NOBRE, A. C., REID, J., VEIGA, A., P., S. **Fundamentos científicos das mudanças climáticas**. São José dos Campos, SP: Rede Clima/INPE, 2012. 44 p.

CARVALHO, J. P. A. F.; van ELK, A. G. H. P.; ROMANEL, C. Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa no *Campus* Gávea da PUC-Rio. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, p. 591 – 595, 2017.

CLIMATE-DATA.ORG. **Espírito Santo: Viana**. 2017. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/27790/>>. Acessado em: 26/09/2017.

GHG PROTOCOL BRASIL. PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL - GHG Protocol Brasil (versão 2017.4). **Método. Ferramenta de Cálculo**. Disponível em <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/>>. Acesso em: 18/09/2017.

GHG PROTOCOL. **Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa**. 2º ed. 2008.

GUIMARÃES, J., PERUCCI, F., LOPES, B. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa de 2016 da MRV Engenharia**. Disponível em: <http://www.mrv.com.br/sustentabilidade//upload/Publicacoes/inventario-gee-mrv2016_636328708328282052.pdf>. Acesso em: 21 de janeiro de 2018.

IBGE CIDADES. **Espírito Santo: Viana**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=320510&search=espírito-santo|viana>>. Acessado em: 26/09/2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO - IBRAM. **II Inventário de Gases de Efeito Estufa do Setor Mineral**. Brasília, 2014. 112p.

MOLION, L., C., B. 2007. Desmistificando o Aquecimento Global. **Intergeo**, v. 5, p. 13-20.

RENOVA ENERGIA. **Inventário de Gases de Efeito Estufa 2014**. Disponível em: <<http://www.renovaenergia.com.br/pt-br/sustentabilidade/inventario-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2018.

RENOVA ENERGIA. **Inventário de Gases de Efeito Estufa 2015**. Disponível em: <<http://www.renovaenergia.com.br/pt-br/sustentabilidade/inventario-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2018.

ROCHA, S. F.; GADIOLI, M. C. B. Estudo comparativo entre dados de inventários de ciclos de vida de rochas ornamentais (2011-2012 x 2015-2016) evidenciando os insumos da serragem e polimento. In: XXV JORNADA INTERNA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E I JORNADA DE INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO, Rio de Janeiro, 2017. p. 192 - 196.

SILVA, A. Z. D. **Metodologia de avaliação das práticas de gerenciamento ambiental dos resíduos de empresas de beneficiamento de rochas ornamentais**. 2011. 122p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

SILVEIRA, L. L. L.; VIDAL, F. W. H.; SOUZA, J. C. Beneficiamento de rochas ornamentais. In: VIDAL, F. V.; AZEVEDO, H. C. A.; CASTRO, N. F. **Tecnologia de rochas ornamentais: Pesquisa, lavra e beneficiamento**. Rio de Janeiro, 2014. p. 327 - 397.

SOUZA, J. G. **Análise ambiental do processo de extração e beneficiamento de rochas ornamentais com vistas a uma produção mais limpa: Aplicação Cachoeiro de Itapemirim - ES**. 2007. 42p. Monografia (Especialização em Análise Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2007.

SZCZEPANIK, T. **Estimativa das emissões de gases de efeito estufa em uma usina de concreto betuminoso usinado a quente localizada na cidade de Irati – PR**. 2017. 43p. Monografia (Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Mercado do Carbono) – Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.