



## RELATÓRIO FINAL

Projeto de Desenvolvimento de metodologia para cálculo comparativo das emissões de gases do efeito estufa (GEE) entre os processos de construção de piscinas em fibra de vidro (P.R.F.V.) e piscinas de concreto.

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul  
Instituto do Meio Ambiente  
Centro de Excelência em Pesquisa sobre Armazenamento de Carbono

Coordenador: Prof Dr. Jorge Alberto Villwock (IMA)  
Prof. João Marcelo Ketzer (CEPAC)  
Eduardo Bandeira Maia (CEPAC)

Porto Alegre, 28 de novembro de 2007.

## **1. INTRODUÇÃO**

Sabe-se hoje que os gases de efeito estufa (GEE), principalmente o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), são os principais responsáveis pela retenção do calor e manutenção da temperatura da superfície da terra.

As emissões de GEE gerados pelo homem resultam no aquecimento “anormal” da atmosfera, (IPCC, 2007) causando no planeta as mudanças no clima global.

Por meio de relatórios, o IPCC (sigla em inglês do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas da ONU), vem alertando ao mundo as causas e conseqüências das atividades humanas sobre o clima do planeta.

Há, atualmente, a correta compreensão da relação causa-efeito envolvida no aquecimento global, e, assim, ações de mitigação estão sendo cada vez mais disseminadas e implementadas, seja pela esfera pública (governos, estados e até municípios), empresarial e civil, no intuito de reduzir seu impacto no aumento da concentração de GEE na atmosfera.

As empresas estão buscando reduzir suas emissões a partir de mudanças em suas atividades, seja diretamente, através do conhecimento das fontes, por um inventário de emissões, e assim criar um portfólio de ações mitigadoras (que compreendem a adoção de processos e materiais mais eficientes e menos emissores), quanto indiretamente, ao fomentar a redução das emissões de outras esferas ou pela compensação de emissões a partir de práticas comuns de seqüestro de carbono (ex. plantio de árvores).

A opinião pública está cada vez mais sensível às questões relacionadas à mudança do clima, e muitas empresas que vêm adotando medidas de controle e diminuição das emissões de GEE, atualmente, têm obtido vantagem competitiva em mercados cada vez mais exigentes por produtos ecológicos e de baixa emissão de CO<sub>2</sub>.

## **2. OBJETIVO**

Este projeto tem como objetivo principal a aplicação da metodologia para cálculo da quantidade de GEE emitidos nos processos de fabricação e construção de uma piscina de 4 metros por 8 metros em plástico reforçado com fibra de vidro (P.R.F.V.), da empresa IGUI, e comparar com as emissões de GEE do método tradicional de construção de piscinas, em concreto.

### 3. METODOLOGIA

Para este estudo foi utilizada a metodologia do *GHG Protocol Initiative* ([www.ghgprotocol.org](http://www.ghgprotocol.org)) na organização dos dados, métodos de contabilidade e parâmetros de divulgação.

As ferramentas de cálculo de emissões utilizadas pelo *GHG Protocol* são compatíveis com os padrões do ISO 14064 ,(Organização Internacional para a Padronização), e seguem os propósitos criados pelo IPCC.

Os fatores de conversão utilizados foram pesquisados em diversos estudos, e são citadas as fontes junto ao fator utilizado e na relação bibliográfica utilizada.

A quantidade de gases do efeito estufa é expressa em dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, os demais gases causadores do efeito estufa (metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e o hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>)) são convertidos em CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2e</sub>) e incorporados à contabilidade do fator.

As emissões de GEE foram contabilizadas por meio da divisão em três escopos, estabelecidos pelo *GHG Protocol*:

#### Escopo 1: Emissões diretas de GEE

São as emissões diretamente controladas pela empresa em sua localização. Sendo, principalmente, o resultado das seguintes atividades: geração de energia; calor ou vapor; processos químicos e físicos; transporte e emissões fugitivas.

#### Escopo 2: Emissões indiretas de GEE

São contabilizadas as emissões oriundas da compra de energia elétrica que é consumida em seus equipamentos próprios ou controlados pela empresa.

#### Escopo 3: Emissões indiretas de GEE

Este escopo é considerado pelo *GHG Protocol* como opcional. Trata-se da contabilização das emissões geradas pela produção e transporte de matéria prima, uso do produto, atividades contratadas, veículos contratados, transporte de funcionários, disposição de resíduos e viagens de negócios dos empregados.

A contabilidade do Escopo 3 pode gerar uma regressão quase infinita se for adotado para cada material a análise de ciclo de vida. É aconselhado pelo *GHG Protocol* que seja feita uma pré-análise para que sejam focadas de duas a três atividades que sejam as principais geradoras de emissões de GEE.

#### 4. LIMITE DO PROJETO

Este projeto tem como limite de interesse a produção/fabricação e instalação de uma piscina em P.R.F.V. (Plástico Reforçado com Fibra de Vidro) da empresa IGUI (Fabrica Santo Antônio Indústria de Piscinas Ltda.) e a construção de uma piscina em concreto armado, ambas com tamanhos similares.

As contabilizações das emissões relacionadas aos demais setores que conjugam a atividade da empresa IGUI (projeto, marketing, vendas, pós-vendas) não foram contabilizados.

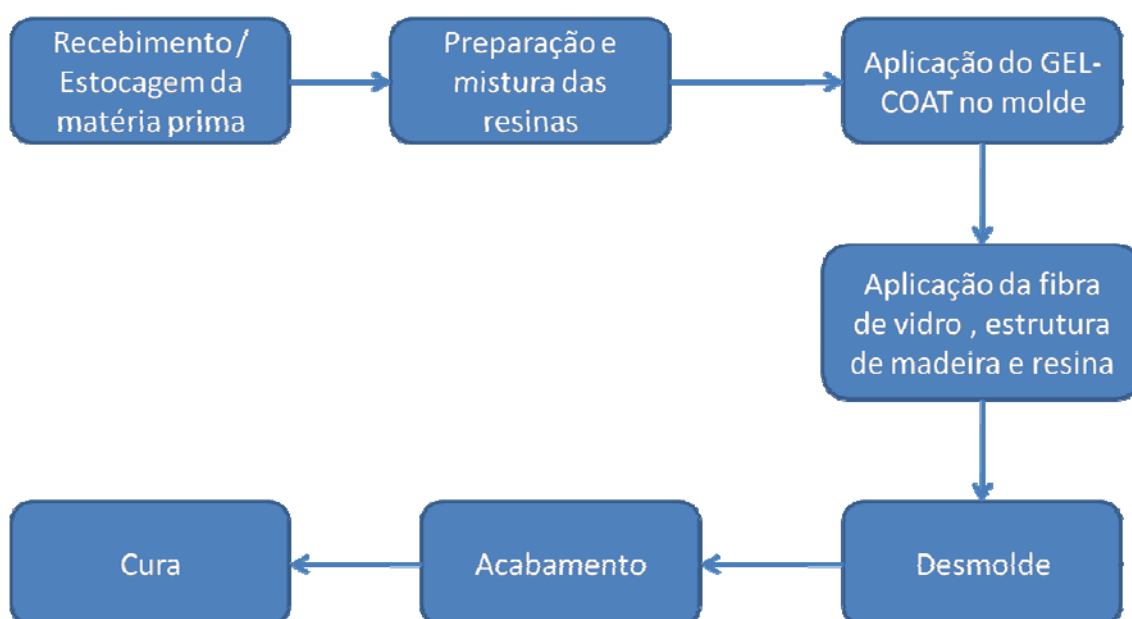
Este trabalho tem como foco a comparação de dois métodos construtivos de um mesmo aparato civil, a piscina.

#### 5. RESULTADOS DO PROJETO

##### 5.1. Piscina IGUI em P.R.F.V.

##### 5.1.1. Memorial descritivo do processo de fabricação

O processo de fabricação de uma piscina em P.R.F.V. (Plástico Reforçado com Fibra de Vidro) na fábrica da IGUI, Santo Antônio Indústria de Piscinas Ltda. é um processo relativamente simples, como mostra o diagrama abaixo.



## Recebimento / Estocagem da matéria prima

O primeiro processo da fabricação consiste no recebimento da matéria-prima e em recipientes tipo bombonas e latões, transportados pelas empresas fornecedoras do produto (Tabela 1). Em seguida, o material é acondicionado em um galpão anexo à fábrica, posteriormente deslocado para a área de produção, por um trator da empresa, nas quantidades necessárias para a manufatura diária.

Tabela 1 – Matérias primas usadas no processo de fabricação e seus respectivos fornecedores.

<b>Produto</b>	<b>Empresa</b>
Resinas	Cromitec
Fibra de vidro	Vetrotex
Catalizador Meck	Axo Nobel
Aerosil	Diosil
Cobalto	Diosil
Dioxido de titânio	Diosil
Pigmento Azul	Confibras
Pigmento Laranja	Trancor
Solvente	Resicor

Fonte: IGUI

## Preparação e mistura das resinas

Nesta etapa do processo, são feitas as misturas para a elaboração do GEL-COAT e da resina para laminação. Para a elaboração do GEL-COAT, é feita a mistura dos materiais (Tabela 2), por meio de um misturador elétrico, diretamente na bombona original da resina.

Tabela 2 – Quantificação e proporção dos materiais para o GEL-COAT.

<b>Produto</b>	<b>Quantidades para mistura (Kg)</b>	<b>Quantidades para 1 piscina (Kg)</b>	<b>Proporção %</b>
Resina poliéster isoftálica	100	40	90,76
Cobalto	0,45	0,18	0,41
Aerosil	3	1,2	2,72
Dioxido de Titânio	6	2,4	5,45
Pigmento azul	0,43	0,172	0,39

Tinovin	0,3	0,12	0,27
---------	-----	------	------

Fonte: IGUI

O processo para a elaboração da resina poliéster ortoftálica para laminação é similar ao processo de elaboração do GEL-COAT, alterando somente a composição da mistura (Tabela 3).

Tabela 3 – Quantificação e proporção dos materiais para a resina poliéster ortoftálica.

Produto	Quantidades para mistura (Kg)	Quantidades para 1 piscina (Kg)	Proporção %
Resina poliéster ortoftálica	200	170,0	99,5
Pigmento laranja	1	0,8	0,5

Fonte: IGUI

Nos dois processos são adicionados 2% de catalizador Meck.

### Aplicação do GEL-COAT

Durante o processo de aplicação do GEL-COAT, o molde da piscina é posicionado em local específico para a segurança da aplicação. A composição do GEL-COAT está descrita na Tabela 2. É feita uma aplicação de uma camada de aproximadamente 6 mm, e em seguida a forma é colocada para a secagem natural.

### Aplicação da fibra de vidro, resina e estrutura de madeira

Após a secagem do GEL-COAT, o molde da piscina é posicionado na área de aplicação da fibra, sob o equipamento de aplicação conjunta (pistola picadora de fibra de vidro e aplicador de resina poliéster).

Durante o processo de aplicação da fibra de vidro e da resina poliéster, é colocado em posição a estrutura de madeira e aplicado sobre ela a mistura de fibra de vidro e resina poliéster, criando uma camada de aproximadamente 4 mm de espessura no fundo da piscina e com cerca de 10mm de espessura na lateral e na borda.

No final da aplicação, o molde é deixado para uma cura rápida antes do desmolde.

### Desmolde

Após a secagem primária da mistura de fibra de vidro e resina poliéster, o molde é suspenso por talhas dentro de uma estrutura especializada. Logo após

é injetado ar comprimido em locais pré-estabelecidos, para que ocorra a descolagem da piscina da forma.

Na forma é aplicado o desmoldante SK3, em uma quantidade que varia de 200g a 500g. Para cada vez que o desmoldante é aplicado na forma, são produzidas cerca de 30 piscinas.

### **Acabamento**

Durante este processo, os funcionários realizam o corte das aparas e bordas, dando à piscina seu formato final.

### **Cura**

O processo final de fabricação da piscina consiste na cura ao natural, por aproximadamente 2 dias. A piscina é transportada por trator até ao pátio externo da fábrica, onde irá permanecer até o momento do transporte para a venda.

#### **5.1.2. Memorial descritivo do processo de instalação**

Para a instalação da piscina na casa do cliente, são necessárias entre 4 a 8 pessoas, não havendo necessidade de emprego de maquinário para a escavação. Em seguida é feita a preparação do solo com a colocação de um “colchão” de areia, no fundo, de aproximadamente 10 cm.

As emissões do processo de instalação da piscina em P.R.F.V. não foram contabilizadas, por se equipararem ao processo inicial de construção da piscina de concreto, que também não foram contabilizados.

#### **5.1.3. Identificação dos escopos**

Para a contabilidade das emissões de GEE provenientes da fabricação e instalação da piscina em P.R.F.V., o processo foi separado por escopos, de acordo com a metodologia adotada.

Escopo 1 – Emissões diretas da fábrica

- Queima de combustível (diesel) - para utilização do trator.
- Queima de combustível (GLP) - para a cocção das refeições dos funcionários.

Escopo 2 – Emissões indiretas pela compra de eletricidade

- Consumo de energia elétrica da fábrica em KW/h.

Escopo 3 – Emissões indiretas - transporte e aquisição de matéria prima

- Emissões da mineração, fabricação e transporte da fibra de vidro.
- Emissões da fabricação e transporte da resina poliéster.
- Emissões do transporte dos funcionários da fábrica.
- Emissões do transporte da piscina até o cliente.

#### 5.1.4. Cálculos e tabelas

##### Escopo 1

Queima de combustível (diesel).

Para a movimentação das fôrmas e das piscinas é utilizado um pequeno trator movido a diesel, que também é utilizado para cortar a grama e transporte de materiais e resíduos.

Para efeito de cálculo foi feita uma média do consumo de combustível, multiplicada pelo fator de emissão do diesel (tabela 4).

Queima de combustível (GLP).

O GLP é utilizado para a cocção das refeições dos funcionários. São utilizados cerca de 13 Kg de GLP por mês para esta finalidade (Tabela 4).

Tabela 4 – Combustíveis, quantidades, fatores de emissão, quantidade de CO<sub>2</sub> emitido e quantidade de CO<sub>2</sub> emitido por piscina.

ESCOPO 1				
Diesel	Quant. L	Fator*	Kg CO <sub>2e</sub>	Kg CO <sub>2e</sub> por piscina
Consumo médio	80	2,654	212,32	<b>1,279</b>
GLP	Quant. Kg	Fator*	Kg CO <sub>2e</sub>	Kg CO <sub>2e</sub> por piscina
Consumo médio	13	3,034	39,442	<b>0,237</b>

Fonte: \* GHG Protocol/ CEPAC



## Escopo 2

O consumo médio de energia elétrica da fábrica foi obtido pela média entre os meses de maior e menor consumo (Tabela 5).

Tabela 5 – Consumo de energia elétrica por mês, fator de emissão para o Sul/Suldeste, quantidade de CO<sub>2e</sub> e quantidade de CO<sub>2e</sub> por piscina.

ESCOPO 2					
Energia elétrica/mês	Kwh	Fator	ton CO <sub>2e</sub>	Ton. CO <sub>2e</sub> por piscina	Kg CO <sub>2e</sub>
Alto consumo	10.421	0,000268*	2,789	0,01680	16,805
Baixo consumo	8.141	0,000268*	2,179	0,01312	13,128
Média de consumo	9.281	0,000268*	2,484	0,01496	<b>14,967</b>

Fonte: \* Balanço Energético Nacional 2005: Ano base 2004 Relatório final / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro : EPE, 2005

## Escopo 3

### Emissões da mineração, fabricação e transporte da fibra de vidro.

Para a realização do cálculo de emissões associadas à mineração (dióxido de silício), transporte do minério até à indústria, e o processamento do minério até à sua transformação em fibra de vidro, foi utilizado um fator de emissão publicado pelo Instituto Wallon de desenvolvimento econômico e social no artigo “*Greenhouse gas emissions reduction and material flows – Housing system analysis – Part II – Processes description*”, de Janeiro de 2001. Apesar de o fator ser definido dentro dos padrões europeus, os processos de fabricação europeus não diferem dos processos brasileiros, a não ser pelo fator de emissão relacionado ao consumo de energia elétrica, que neste caso, o Brasil, por possuir uma matriz energética mais limpa que a europeia, e portanto emite menos GEE pelo mesmo consumo de energia elétrica.

Por se tratar de uma extrapolação positiva da quantidade de CO<sub>2</sub>, a utilização do fator europeu não prejudica o resultado do trabalho. Uma vez que o resultado do cálculo mostrará uma quantidade maior de emissões que o real emitido.

Para finalizar a quantificação de GEE na fibra de vidro, foi adicionado ao fator de emissão da mineração e produção, a emissão relativa ao transporte final do produto, da empresa produtora (Vetrotex, em Capivari, SP) até à unidade Santo Antônio Indústria de Piscinas Ltda em Santo Antônio da Patrulha, RS (Tabela 6).

Tabela 6 – Emissões de CO<sub>2</sub> da produção e transporte da fibra de vidro.

<b>Produto</b>	<b>quant. Para 1 piscina Kg</b>		<b>Kg CO<sub>2</sub> / Kg fibra*</b>		<b>Kg CO<sub>2</sub></b>
Fibra de vidro	85		0,9		<b>76,5</b>
<b>Empresa</b>	<b>localização</b>	<b>distância ate IGUI**</b>	<b>kg CO<sub>2</sub> / ton. km***</b>	<b>kg CO<sub>2</sub> / ton</b>	<b>Kg CO<sub>2</sub> / piscina</b>
Vetrotex	Capivari	1093	0,072	78,696	<b>6,69</b>

TOTAL Kg CO <sub>2</sub> por piscina		<b>83,19</b>
--------------------------------------	--	--------------

Fontes - \* Wallon Institute; \*\* Guia Quatro rodas \*\*\* GHG Protocol

### **Emissões da fabricação e transporte da resina poliéster**

Pela falta de literatura específica sobre as estimativas de emissão para a produção de resina poliéster, entramos em contato com a empresa CROMITEC, do grupo BRAMPAC, que fornece as resinas à empresa IGUI, para o fornecimento de informações que possibilitem a estimativa de emissão de GEE relativa à produção de resina poliéster.

Os dados fornecidos pela Cromitec, sobre o consumo de combustíveis e energia elétrica, bem como a produção de resina, foram organizados de modo a fornecer as emissões relativas aos escopos 1 e 2, obtendo assim o fator de emissão de CO<sub>2</sub> por kg de resina (Tabela 7).

Para completar o cálculo, foi somado ao fator de emissão da produção da resina as emissões provenientes do transporte do material da fábrica CROMITEC, em Piracicaba, SP, até a fábrica da IGUI, em Santo Antonio da

<b>Produto</b>	<b>Kg resina por piscina</b>	<b>Kg CO<sub>2</sub> / Kg resina*</b>	<b>Kg CO<sub>2</sub> por piscina</b>
Resina poliéster	210	0,17	<b>35,7</b>

Patrulha (Tabela 7).

Empresa	Localização	Distancia ate IGUI**	kg CO <sub>2</sub> / ton. km***	kg CO <sub>2</sub> / ton	Kg CO <sub>2</sub> / piscina
Vetrotex	Piracicaba	1114	0,072	80,208	<b>16,84</b>

TOTAL Kg CO <sub>2</sub> por piscina					<b>52,54</b>
--------------------------------------	--	--	--	--	--------------

Tabela 7- Emissões de CO<sub>2</sub> da fabricação e transporte da resina poliéster.

Fontes: \* CEPAC, \*\* Guia Quatro rodas, \*\*\* GHG Protocol

### **Emissões do transporte dos funcionários da fabrica.**

Foi identificado que o transporte dos funcionários de suas residências até a unidade Santo Antônio Indústria de Piscinas Ltda poderia ser um fator importante de emissões relacionados à produção da piscina, visto que as emissões dos escopos 1 e 2 são baixas e os dois produtos que compreendem mais de 90% da composição do produto estão contabilizados acima.

A tabela 8 mostra o resumo do transporte dos funcionários:

Tabela 8 – Km percorridos pelos funcionários e suas emissões de CO<sub>2</sub>.

Transporte	Km/dia	Km/mês	Km/piscina/mês	Kg CO <sub>2</sub> / km*	Kg CO <sub>2</sub>
Carro	246,8	5429,6	32,71	0,16	5,23
Moto	34,4	756,8	4,56	0,108	0,49
Ônibus	85	1870	11,27	0,19	2,14
Total por piscina					<b>7,87</b>

Fonte: \* GHG Protocol

### **Emissões do transporte da piscina até o cliente**

Foi realizada uma estimativa de distância média entre as principais cidades atendidas pela unidade Santo Antônio Indústria de Piscinas Ltda. (Anexo 2) e a cidade de Santo Antônio da Patrulha.

A distância média entre cliente e fornecedor ficou em 300 km, sendo que o caminhão que faz o transporte percorre o caminho duas vezes (ida e volta) e pode levar de 1 a 10 piscinas por viagem.

O calculo será baseado na distância de 600 km dividido por 5 piscinas, ficando o equivalente a 120 km por piscina (Tabela 9).

Tabela 9 – Emissões de CO<sub>2</sub> pelo transporte final por piscina.

	dist.(km)	consumo (km/l)	diesel (L)	Kg CO <sub>2</sub> / L*	Kg CO <sub>2</sub>
Transporte caminhão médio	120	5	24	2,654	63,69

Fonte - \*CEPAC

Tabela 10 – Total de emissões de CO<sub>2</sub> do Escopo 3.

<b>Resumo Escopo 3</b>	<b>Kg CO<sub>2</sub></b>
Fibra de vidro	83,19
Resina poliéster	52,54
Transporte funcionários	7,87
Transporte piscina ao cliente	63,69
<b>Total</b>	<b>207,3</b>

Fonte: Autor

### 5.1.5. Resumo das emissões da Piscina IGUI em P.R.F.V.

De acordo com a somatória dos escopos (Tabela 11), obtivemos o total de emissões de GEE relacionados à produção da piscina, aproximadamente 223 Kg de CO<sub>2</sub>.

Tabela 11 – Total de emissões de CO<sub>2</sub> por piscina.

Produção	Kg CO <sub>2</sub> / piscina
ESCOPO 1	1,517
ESCOPO 2	14,967
ESCOPO 3	207,3
<b>TOTAL</b>	<b>223,78</b>

Fonte: Autor

## 5.2. Piscina em concreto armado

### 5.2.1. Memorial descritivo do processo de construção

Para a realização do cálculo comparativo, foi adotado um projeto padrão de piscina (anexo 1) utilizando as mesmas medidas da piscina em P.R.F.V.: 4 metros de largura por 8 metros de comprimento.

O processo de construção de uma piscina em concreto armado é “in loco”, para a comparação das emissões de GEE, a construção foi considerada como um processo de fabricação, sendo o local da obra equivalente ao local da fabricação (empresa).

Existem diversos modos distintos de realizar a construção em concreto de uma piscina, desde o uso ou não de maquinário para escavação, formas em madeira ou outros materiais e mistura do concreto, até a quantidade de pessoas envolvidas na obra.

Os passos básicos para a execução de uma piscina em concreto armado são:

- Sondagem do terreno
- Escavação do terreno
- Colocação do gabarito
- Execução da forma externa
- Montagem da armadura
- Colocação de dispositivos e tubulações
- Montagem da forma interna
- Concretagem
- Impermeabilização
- Teste de vazamentos
- Aterro e compactação do solo
- Revestimento interno
- Revestimento externo

Para o cálculo das emissões relativas à construção da piscina em concreto armado, serão levados em conta somente os fatores de maior proporção de emissões, como mostra o item de identificação dos escopos.

### **5.2.2. Identificação dos escopos**

Escopo 1 – Emissões diretas do canteiro de obra

- Não há emissões diretas de GEE do canteiro de obra, uma vez que há energia elétrica da rede para a movimentação do maquinário, não havendo necessidade da utilização de geradores a diesel.

Escopo 2 – Emissões indiretas pela compra de energia elétrica

- Consumo de energia elétrica do canteiro em KW/h.

Escopo 3 – Emissões indiretas pela compra de matérias de construção e transporte dos operários

- Emissões da fabricação e transporte do cimento
- Emissões da fabricação e transporte de aço
- Emissões da mineração e transporte de areia e brita
- Emissões do transporte de operários

### 5.2.3. Cálculos e tabelas

#### Escopo 1

Não há emissões diretas do canteiro de obras que sejam significativas.

#### Escopo 2

Para a execução da obra de construção de uma piscina em concreto armado de 32 m<sup>2</sup> é estimado um tempo de 2 meses, com um consumo médio mensal de 450 Kwh, chegando a um total de 900 Kwh (Tabela12).

Tabela 12 - Consumo de energia elétrica, fator de emissão para o Sul/Suldeste, quantidade de CO<sub>2</sub>.

Energia elétrica utilizada na obra	KWh	Fator*	Kg CO <sub>2</sub>
	900	0,000268	<b>0,2412</b>

Fonte - \* Balanço Energético Nacional 2005: Ano base 2004 Relatório final / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro : EPE, 2005

#### Escopo 3

Os cálculos das emissões oriundas das matérias-primas principais, foram realizados por meio de fatores de emissão (tabela 13).

Tabela 13 – Fatores de emissão da construção civil.

	Kg CO <sub>2</sub>
Emissão de CO <sub>2</sub> por saca de cimento (50 Kg)	48,44
Emissão de CO <sub>2</sub> po Kg de Aço	1,45
Emissão de CO <sub>2</sub> por m <sup>3</sup> de areia ou brita	22,62

Fonte: Stachera, 2006

Na Tabela 9 são apresentados valores do estudo realizado por Stachera, 2006 que levam em conta as emissões provenientes da mineração, transporte do minério até à indústria, emissões relacionadas diretamente ao processamento

da matéria bruta até virar matéria prima de construção e seu transporte até o estabelecimento comercial.

A Tabela 14 mostra a quantidade de emissões relacionadas às quantidades dos principais materiais utilizados para a construção da piscina.

Tabela 14 – Quantidade de materiais, fatores de emissão de CO<sub>2</sub> e quantidade de CO<sub>2</sub> emitido.

Material	Quant.	Uni.	Sacas	Fator*	Kg CO <sub>2</sub>
Cimento	6.080	kg	122	48,44	5.890
Aço	636,56	kg		1,45	923
Areia	9,95	m3		22,62	225
Brita	11,11	m3		22,62	251
Total de emissões por piscina de concreto					<b>7.290</b>

Fonte - \*Stachera, 2006

#### 5.2.4. Resumo das emissões da piscina em concreto armado

De acordo com a somatória dos escopos (Tabela 15), obtivemos o total de emissões de GEE relacionados à produção da piscina em concreto armado, aproximadamente 9.131,2 Kg de CO<sub>2</sub>.

Tabela 15 – Total de CO<sub>2</sub> emitido na construção de uma piscina de concreto.

	Kg CO <sub>2</sub>
Escopo 1	Não existente
Escopo 2	0,2412
Escopo 3	7.290
Total	7.290,2

Fonte: Autor

## 6. CONCLUSÕES

A análise final dos resultados mostra uma grande diferença entre as emissões de GEE relacionadas ao processo de construção da piscina de P.R.F.V. e da piscina em concreto armado.

De acordo com este estudo, a **piscina em P.R.F.V.** emite durante o seu processo de construção, cerca **223 kg de CO<sub>2</sub>**; já a piscina construída em **concreto armado** emite em seu processo de construção, cerca de **7.290,2 kg de CO<sub>2</sub>**. Ou seja, a piscina em concreto emite cerca de **32** vezes mais CO<sub>2</sub> que a piscina de P.R.F.V. em seu processo construtivo.

## 7. INCERTEZAS ASSOCIADAS

Para garantir a qualidade das informações do inventário de emissões de GEE, importantes considerações relacionadas às incertezas nas estimativas e cálculo acompanham este relatório.

***Incerteza nas estimativas:*** As informações das quantidades dos insumos, combustíveis e trajetos utilizados nas estimativas para o cálculo da piscina da IGUI em P.R.F.V., foram fornecidos pelo técnico geral Sr. Irto Angeli de Souza, utilizando uma média aritmética entre os meses de maior consumo e menor consumo.

Para o cálculo do transporte da piscina até o cliente, foi utilizada a listagem fornecida pela IGUI, das localidades dos pontos de venda, e assim, elaborado uma média entre os trajetos percorridos.

As estimativas para a construção da piscina de concreto foram realizadas pela Divisão de Obras da PUCRS (Anexo 2), utilizando as mesmas medidas da piscina em P.R.F.V. (4mX8mX1,5m).

***Incertezas nos parâmetros:*** Dentre os fatores utilizados, podemos separá-los pelas fontes. Os fatores de emissão de CO<sub>2</sub> do GHG Protocol são baseados nos estudos realizados pelo IPCC, que levam em conta os principais fatores para cálculo e estão em conformidade com as normas da ISO. Estes parâmetros tem baixo índice de incerteza associado.

O fator de emissão do BEN (Balanco Energetico Nacional) é relacionado com a forma de obtenção da energia elétrica, específico para a região Sul e Suldeste do país, parâmetro com médio índice de incerteza.

O fator de emissão do Wallon Institute é baseado em estudo de caso na Bélgica, levando em conta os fatores europeus. Devido à similaridade dos processos industriais de fabricação da fibra de vidro, e a menor emissão do Kwh no Brasil, o fator de emissão extrapola positivamente a quantidade de CO<sub>2</sub>, parâmetro com alto índice de incerteza associado.

Para o cálculo do fator de emissão da resina poliéster, não foi encontrada literatura que contemplasse as emissões de tal atividade. Assim foi realizada uma consulta com o Gerente Industrial da Cromitec, Sr. Eduardo Cangussu, sobre as informações de emissões diretas da fabrica, seu consumo de energia elétrica e produtividade, onde foram realizados os cálculos para o fator de emissão de CO<sub>2</sub> por kg de resina, parâmetro com alto índice de incerteza associado.



Os fatores de emissão de CO<sub>2</sub> da construção civil foram elaborados por Stachera em seu estudo: “Avaliação de emissões de CO<sub>2</sub> na construção civil: um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná”, estudo este que compara outros quatro estudos sobre emissões de CO<sub>2</sub> na construção civil, e elabora um parâmetro médio, parâmetro este com baixo índice de incerteza associado.

## 8. DIVULGAÇÃO DO TRABALHO

A divulgação dos resultados do projeto poderá ser realizada pela IGUI de forma livre respeitando a integridades dos dados e a forma de divulgação descrita neste relatório final.

A PUCRS terá o direito de divulgação do projeto e resultado do mesmo, em congressos, seminários, publicações e mídias existentes, mediante autorização por escrito da IGUI.

## 9. BIBLIOGRAFIA

**Olga Mafra, Frida Eidelman e Carlos Feu Alvim**, Avaliação das emissões de CO<sub>2</sub> pelo processo “Top-Down” estendido entre 1970 a 2004. Economia & Energia, Ano X -No 58: Outubro-Novembro 2006.

**Theodozio Stachera Junior**, Avaliação de emissões de CO<sub>2</sub> na construção civil: um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2006.

**The Greenhouse Gas Protocol**. The GHG Protocol for Project Accounting, 2003.  
[www.ghgprotocol.org](http://www.ghgprotocol.org) em 11/2007.

**The Greenhouse Gas Protocol**. A Corporate Accounting and Reporting Standard, Revised edition, [www.ghgprotocol.org](http://www.ghgprotocol.org) em 11/2007.

**The Greenhouse Gas Protocol**. Designing a Customized Greenhouse Gas Calculation Tool, 2006, [www.ghgprotocol.org](http://www.ghgprotocol.org) em 11/2007

**The Greenhouse Gas Protocol**. GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty, [www.ghgprotocol.org](http://www.ghgprotocol.org) em 11/2007.

**World Resources Institute.** HOT CLIMATE, COOL COMMERCE: A Service Sector Guide to Greenhouse Gas Management,, 2006, [www.ghgprotocol.org](http://www.ghgprotocol.org) em 11/2007.

**Institut Wallon de développement économique et social,** GREENHOUSE GAS EMISSIONS REDUCTION AND MATERIAL FLOWS *Housing system analysis Part II - Processes description, 2001.*

## **10. SITES CONSULTADOS**

[www.ghgprotocol.org](http://www.ghgprotocol.org) – acesso em 11/2007

[www.ipcc.ch/](http://www.ipcc.ch/)– acesso em 11/2007

[www.thegreeninitiative.org](http://www.thegreeninitiative.org)– acesso em 11/2007

[www.iniciativaverde.org](http://www.iniciativaverde.org)– acesso em 11/2007

[www.carbononeutro.com.br](http://www.carbononeutro.com.br)– acesso em 11/2007

[www.carbonfootprint.org](http://www.carbonfootprint.org)– acesso em 11/2007