

3C-CO₂ - CONTABILIZAÇÃO, CONTROLE E PROPOSTA DE CONTENÇÃO DE EMISSÕES DE CO₂ EM ÁREAS URBANAS

Palavras-chave: Medição de CO₂, Compensação, Áreas Urbanas

Autores(as):

CAIO CERCEAU NANNI, COTUCA-UNICAMP

GIOVANA FULAN BONACIN, COTUCA-UNICAMP

RAFAEL PÊRA CAMPOS, COTUCA-UNICAMP

PROFA. DRA. HELOISA HELENA MÜLLER (orientadora), COTUCA- UNICAMP

PROF. ESP. DANIEL RINALDI MENDONÇA (co-orientador), COTUCA-UNICAMP

INTRODUÇÃO

O aumento das emissões de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera é um grande problema atualmente, causando alterações climáticas e ambientais, como por exemplo o aquecimento global (SILVA, 2022). Essa maior concentração de CO₂ é gerada por vários fatores, seja pela emissão de frota de veículos, indústrias, usinas termelétricas entre outros meios (BERNI, 1998), (BBC NEWS Brasil, 2021). O uso de plantas para combater a poluição atmosférica é uma ferramenta importante, onde se implementada desde cedo podemos amenizar os problemas causados por conta do aquecimento global (IBF, 2020), (IBF, 2021).

O aplicativo desenvolvido tem como objetivo conscientizar o usuário mostrando quanto é gerado de CO₂ em determinada região seja do trajeto de carro ou em uma área urbana. Além destas estimativas, são apresentadas opções de elementos arbóreos para plantio na região próxima e a quantidade necessária a ser plantada.

METODOLOGIA

Estudo da origem do CO₂: para a realização do projeto, foi necessária a criação de frentes que estudassem a origem dos gases emitidos, visto que cada categoria polui em diferentes níveis, como será abordado adiante. A partir da média desses valores, é possível realizar a compensação e sequestro de dióxido de carbono com uma precisão satisfatória.

Estimativa de emissões em áreas urbanas: é um elemento importante para o projeto, a partir de estimativas de emissões por setores sendo dividido em Industrial, Agrícola e Urbana. Além da quantidade que um habitante emite por ano, é possível aproximar quanto de carbono é produzido por uma dada área selecionada.

Estimativa de emissões de frota de veículos: tendo o conhecimento do modelo do carro e o quanto ele percorreu, a partir de um banco de dados, é possível estimar quanto de CO₂ ele emitiu, sendo um dado importante para estimar o acúmulo desse gás na região.

Estudo dos biomas: foi desenvolvido uma base de informações contendo diversas espécies da flora de diferentes biomas, contendo não só informações sobre o sequestro de CO₂ pelas plantas, mas também as características necessárias para ela sobreviver no ambiente, por exemplo, a quantidade de chuvas necessária no ano, pH do solo. Portanto, a partir desses dados é possível selecionar quais são as melhores candidatas para a compensação na área determinada.

Compensação: a partir dos dados de emissão e biomas, serão eleitas áreas candidatas para o plantio de plantas nativas do bioma daquela região, sendo preferencialmente próximo aos locais emissores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para que fosse possível aproximar quanto uma área emite de CO₂, foram realizadas pesquisas que informaram quanto é emitido pelo país por ano e, também, uma estimativa de quanto um habitante de um dado país produz (GE; FRIEDRICH; VIGNA, 2021). Para a realização da criação desse banco de dados, foi utilizado informações dos Dados Mundiais, e do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (DADOS MUNDIAIS, 2024) (MCTI,2021). Na primeira coluna é o número atribuído ao país e a segunda o nome dele, sendo mais fácil de consultar caso seja preciso. Já as colunas escrito “TOTAL”, nelas são contidas o valor numérico da emissão total. Por fim, as colunas escritas “por pessoa” trata-se da média de cada uma das emissões conforme Figura 1.

Figura 1: Dados de emissões por país

Número d	Nome do país	Total de carbon	Por pesso.	Total de meta	Por pesso.	TOTAL (carb+n	TOTAL por
1	1 Qatar	87.580.000	32,5	30.710.000	11,39	118.290.000	43,89
2	2 Bahrein	32.470.000	22,06	17.640.000	11,98	50.110.000	34,04
3	3 Turcomenistão	63.660.000	9,9	124.820.000	19,41	188.470.000	29,31
4	4 Kuwait	92.310.000	21,62	22.640.000	5,3	114.950.000	26,93
5	5 Emirados Árabes	188.090.000	19,92	56.940.000	6,03	245.030.000	25,95
6	6 Brunei	9.590.000	21,35	1.540.000	3,43	11.130.000	24,78
7	7 Nova Caledônia	5.330.000	19,79	214.726,32	0,8	5.540.000	20,59
8	8 Austrália	379.000.000	14,57	131.480.000	5,06	510.480.000	19,63
9	9 Arábia Saudita	513.560.000	14,11	102.630.000	2,82	616.190.000	16,92
10	10 Canadá	516.870.000	13,28	100.140.000	2,57	617.020.000	15,85
11	11 Rússia	1.620.000.000	11,22	617.230.000	4,28	2.240.000.000	15,5
12	12 EUA	4.320.000.000	12,96	748.240.000	2,25	5.070.000.000	15,21
13	13 Cazaquistão	211.900.000	10,8	69.750.000	3,55	281.650.000	14,35
14	14 Luxemburgo	7.850.000	12,02	555.763,01	0,85	8.410.000	12,88

Outra informação necessária foi a quantidade de CO₂ que cada setor emite, e para isso foram utilizados dados do site World Resources Institute (WRI, 2020), que traz informações de quanto é emitido por cada um deles por ano, sendo possível, então, categorizar a origem conforme Figura 2.

Figura 2: Dados por setor econômico

Number	Emitters	MICO2
1	1 Agriculture	504.3
2	2 Transportation	201
3	3 Electricity/Heat	94.5
4	4 Manufacturing/Construction	89
5	5 Waste	70.9
6	6 Industrial Processes	31.5
7	7 Building	23.1
8	8 Fugitive Emissions	22.5
9	9 Other Fuel Combustion	20.4

A base de informações sobre os elementos arbóreos possui diversas informações para o planejamento do plantio de determinada planta, sendo estas retiradas da biblioteca da EMBRAPA (EMBRAPA, 2024), e de outras fontes de informação (AREVALO; ALEGRE; VILCAHUAMAN, 2002), (USP-ESALQ, 2024), (CARMO LIMA et al, 2019), (ROBORTELLA, 2010). Metodologia para onde tem-se dados como pH do solo, chuva necessária, entre outros fatores como altura média, diâmetro do tronco. Assim o usuário pode escolher o melhor tipo de planta e ver as necessidades de que cada uma precisa para conseguir fazer uma compensação adequada para a situação, conforme Figura 3.

Figura 3: Dados da Embrapa.

Casca (mm)	pHsolo	DensidadeMadeira	DAP(m)	Casca(m)	Di	Ft	Volume	Biomassa (Toneladas Biomassa(Kg))	ArmazenamTotal	TrocaAnual	
8 5.5		0,65	0,3	0,008	0,308	0,09243	0,72595	0,4719	471,87	225,553	45,111
8 4.2		0,69	0,4	0,008	0,408	0,16323	1,41021	0,9730	973,04	465,115	93,023
12 5.1		0,63	0,5	0,012	0,512	0,25607	3,01675	1,9005	1900,55	908,463	181,693
16 6.2		0,53	1	0,016	1,016	1,01613	19,95142	10,5743	10574,25	5054,493	1010,899
7 5.2		0,68	0,3	0,007	0,307	0,09212	0,72354	0,4920	492,00	235,178	47,036
25 5.2		0,69	0,55	0,025	0,575	0,31656	2,98350	2,0586	2058,62	984,018	196,804
20 6.3		0,5	2	0,02	2,02	4,04020	95,19398	47,5970	47596,99	22751,361	4550,272
7 5.2		0,75	0,7	0,007	0,707	0,49492	7,77418	5,8306	5830,63	2787,042	557,408
15 4.6		0,78	0,5	0,015	0,515	0,25761	1,61861	1,2625	1262,52	603,483	120,697
5 4.8		0,33	0,4	0,005	0,405	0,16201	2,54486	0,8398	839,80	401,426	80,285
8 6.1		0,75	0,6	0,008	0,608	0,36483	5,73071	4,2980	4298,03	2054,459	410,892
6 5.2		0,38	2	0,006	2,006	4,01202	78,77497	29,9345	29934,49	14308,686	2861,737
8 5.6		0,88	1	0,008	1,008	1,00803	21,37585	18,8108	18810,75	8991,539	1798,308
15 5.3		0,66	0,7	0,015	0,715	0,50061	4,71811	3,1140	3113,95	1488,470	297,694
8 5.4		0,73	0,7	0,008	0,708	0,49563	5,83897	4,2624	4262,45	2037,449	407,490
15 5.1		0,9	0,6	0,015	0,615	0,36911	3,47877	3,1309	3130,89	1496,566	299,313
30 6.3		0,99	1	0,03	1,03	1,03045	10,52097	10,4158	10415,76	4978,732	995,746
8 5.7		0,76	0,35	0,008	0,358	0,12533	1,27965	0,9725	972,53	464,871	92,974
8 5.4		1	1	0,008	1,008	1,00803	19,79246	19,7925	19792,46	9460,794	1892,159
12 6.1		0,68	0,5	0,012	0,512	0,25607	2,61451	1,7779	1777,87	849,821	169,964
17 4.8		0,77	0,8	0,017	0,817	0,65374	17,97055	13,8373	13837,33	6614,242	1322,848
16 3.9		0,4	0,25	0,016	0,266	0,06663	0,20932	0,0837	83,73	40,021	8,004
12 6.8		0,5	0,8	0,012	0,812	0,64967	20,40984	10,2049	10204,92	4877,951	975,590
8 4.2		0,56	0,3	0,008	0,308	0,09243	0,72595	0,4065	406,53	194,323	38,865
22 7.2		0,67	3,5	0,022	3,522	12,32724	677,71848	454,0714	454071,38	217046,121	43409,224
8 6.4		0,8	0,6	0,008	0,608	0,36483	2,86535	2,2923	2292,28	1095,711	219,142

A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	ID	Nome	DAP (cm)	Altura(m)	Região Frequente	Folha (cm²)	Solo	Bioma Frequente	PreciptAdequada(mm/ano)
2	1	Açóita-cavalo	30	10	Nordeste/Centro-Oeste	23	argilo-arenoso	Cerrado/Caatinga	1000
3	2	Anga de Ferro	40	11	Sudeste	80	arenoso-ácido	Mata-Atlântica	1800
4	3	Angico	50	15	Sul	60	arenoso-úmido	Mata-Atlântica	1500
5	4	Baguaçu	100	25	Sul/Sudeste	108	argiloso	Mata-Atlântica/Cerrado	2200
6	5	bugreiro	30	10	Sul/Sudeste	23	Qualquer	Mata-Atlântica/Pampa	1300
7	6	Cambara	55	12	Sul/Sudeste	35	argilo-arenoso	Mata-Atlântica	1500
8	7	Canjarana	200	30	Sul/Sudeste	700	argiloso	Mata-Atlântica	2300
9	8	Cuvata	70	20	Sul/Sudeste	30	Qualquer	Mata-Atlântica/Pampa	2000
10	9	Dedaleiro	50	8	Centro-Oeste/Sudeste	35	argilosa	Cerrado/Pantanal	1600
11	10	Embauba	40	20	Centro-Oeste/Sudeste	300	arenosa	Mata-Atlântica/Cerrado	1800
12	11	Faveira	60	20	Nordeste	170	argiloso	Caatinga	1100
13	12	Figueira-Brava	200	25	Sul/Sudeste	40	Qualquer	Mata-Atlântica	2200
14	13	Grapia	100	27	Sul	30	argilosa	Qualquer	1500
15	14	Guarapere	70	12	Sul/Sudeste	20	franca-argilosa	Mata-Atlântica	1500
16	15	Ingá-Cipo	70	15	Norte/Sudeste	160	Brejo-argiloso	Mata-Atlântica/Amazônia	1800
17	16	Ingá-Preto	60	12	Sul/Sudeste	70	argiloso	Mata-Atlântica	1600

As informações sobre emissões de CO₂ por veículo encontra-se na Figura 4, um compilado de dados do governo canadense que foi usado como exemplo (PODDER, 2024). Essa tabela contém as informações de consumo de combustível e liberação de dióxido de carbono por carro, sendo possível pegar dados de carros específicos ou gerando médias a partir de características do carro (motor, tipo do carro, tipo de combustível). Esses dados serão usados no cálculo de emissão por rota do Google Maps, podendo dar uma estimativa do consumo em sua rota ou em um conjunto de rotas.

Figura 4: Emissões por veículos

1	Make	Model	Vehicle Class	Engine Size(L)	Cylinders	Transmission	Fuel Type	Fuel Consumptic	Fuel Consumptic	Fuel Consumptic	Fuel Consumptic	Cylinders
2	ACURA	ILX	COMPACT	2	4	AS5	Z	9.9	6.7	8.5	33	5
3	ACURA	ILX	COMPACT	2.4	4	M6	Z	11.2	7.7	9.6	29	5
4	ACURA	ILX HYBRID	COMPACT	1.5	4	AV7	Z	6	5.8	5.9	48	5
5	ACURA	MDX 4WD	SUV - SMALL	3.5	6	AS6	Z	12.7	9.1	11.1	25	7
6	ACURA	RDX 4WD	SUV - SMALL	3.5	6	AS6	Z	12.1	8.7	10.6	27	7
7	ACURA	RLX	MID-SIZE	3.5	6	AS6	Z	11.9	7.7	10	28	7
8	ACURA	TL	MID-SIZE	3.5	6	AS6	Z	11.8	8.1	10.1	28	7
9	ACURA	TL AWD	MID-SIZE	3.7	6	AS6	Z	12.8	9	11.1	25	7
10	ACURA	TL AWD	MID-SIZE	3.7	6	M6	Z	13.4	9.5	11.6	24	7
11	ACURA	TSX	COMPACT	2.4	4	AS5	Z	10.6	7.5	9.2	31	5
12	ACURA	TSX	COMPACT	2.4	4	M6	Z	11.2	8.1	9.8	29	5
13	ACURA	TSX	COMPACT	3.5	6	AS5	Z	12.1	8.3	10.4	27	7
14	ALFA ROMEO	4C	TWO-SEATER	1.8	4	AM6	Z	9.7	6.9	8.4	34	5
15	ASTON MARTIN	DB9	MINICOMPACT	5.9	12	A6	Z	18	12.6	15.6	18	13
16	ASTON MARTIN	RAPIDE	SUBCOMPACT	5.9	12	A6	Z	18	12.6	15.6	18	13
17	ASTON MARTIN	V8 VANTAGE	TWO-SEATER	4.7	8	AM7	Z	17.4	11.3	14.7	19	9
18	ASTON MARTIN	V8 VANTAGE	TWO-SEATER	4.7	8	M6	Z	18.1	12.2	15.4	18	9
19	ASTON MARTIN	V8 VANTAGE S	TWO-SEATER	4.7	8	AM7	Z	17.4	11.3	14.7	19	9
20	ASTON MARTIN	V8 VANTAGE S	TWO-SEATER	4.7	8	M6	Z	18.1	12.2	15.4	18	9
21	ASTON MARTIN	VANQUISH	MINICOMPACT	5.9	12	A6	Z	18	12.6	15.6	18	13
22	AUDI	A4	COMPACT	2	4	AV8	Z	9.9	7.4	8.8	32	5
23	AUDI	A4 QUATTRO	COMPACT	2	4	AS8	Z	11.5	8.1	10	28	230
24	AUDI	A4 QUATTRO	COMPACT	2	4	M6	Z	10.8	7.5	9.3	30	214
25	AUDI	A5 CABRIOLET	SUBCOMPACT	2	4	AS8	Z	11.5	8.1	10	28	230
26	AUDI	A5 QUATTRO	SUBCOMPACT	2	4	AS8	Z	11.5	8.1	10	28	230
27	AUDI	A5 QUATTRO	SUBCOMPACT	2	4	M6	Z	10.8	7.5	9.3	30	214
28	AUDI	A6 QUATTRO	MID-SIZE	2	4	AS8	Z	12	8.1	10.2	28	235
29	AUDI	A6 QUATTRO	MID-SIZE	3	6	AS8	Z	12.8	8.6	10.9	26	251
30	AUDI	A6 QUATTRO T	MID-SIZE	3	6	AS8	D	9.8	6.2	8.1	35	217
31	AUDI	A7 QUATTRO	MID-SIZE	3	6	AS8	Z	13.3	8.5	11.2	25	262
32	AUDI	A7 QUATTRO T	MID-SIZE	3	6	AS8	D	9.8	6.2	8.1	35	217
33	AUDI	A8	MID-SIZE	3	6	AS8	Z	13.1	8.8	11.2	25	258
34	AUDI	A8	MID-SIZE	4	8	AS8	Z	13.7	8.3	11.3	25	265
35	AUDI	A8 TDI (modific)	MID-SIZE	3	6	AS8	D	9.8	6.5	8.4	34	224

CONCLUSÕES

Com a maior emissão do dióxido de carbono (CO₂) e outros gases do efeito estufa, a Terra vem sofrendo diversos problemas ambientais devido a esse desbalanceamento, tais como o aumento da temperatura média do planeta e a extinção da fauna e flora, o que vem preocupando não somente os ambientalistas, mas também a população e organizações mundiais. Iniciativas como a desse projeto são importantes para estudos futuros e conscientização, com a proposta de sequestro de carbono e reflorestamento de áreas devastadas, assim criando a possibilidade de amenizar os efeitos negativos que o planeta vem sofrendo e, ao mesmo tempo, criar a possibilidade de que população como um todo tenha mais consciência dos impactos que ela causa ao meio ambiente.

O projeto apresentou resultados interessantes, sendo uma oportunidade única de aprender sobre diversas áreas do conhecimento, visto que se trata de um projeto que aborda várias temáticas relacionadas ao meio ambiente e o estudo da produção de gases poluentes, viabilizando com dados o entendimento da origem das emissões e da necessidade de preservação do meio ambiente e a compensação de gases de efeito estufa.

BIBLIOGRAFIA

SILVA, Cleyton Martins da. **Emissões atmosféricas e mudanças climáticas**. Coautoria de Graciela Arbilla. Vozes, 2022. E-BOOK. (26 p.). ISBN 9786556751962. Acesso em: 24/07/2023.

BERNI, Mauro Donizeti. **Planejamento, energia e meio ambiente no transporte urbano**. 1998. 310p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas-SP. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1591482>. Acesso em: 23 jun. 2024.

AREVALO, Luis Alberto; ALEGRE, Julio Cesar; VILCAHUAMAN, Luciano Javier Montoya. Metodologia para Estimar o Estoque de Carbono em Diferentes Sistemas de Uso da Terra. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Florestas Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2002. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/17083/1/doc73.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2024.

IBF. Instituto Brasileiro de Florestas. Árvores Brasileiras. 2020. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/lista-de-especies-nativas>. Acesso em: 06 ago. 2024.

BBC NEWS Brasil. **CO2: os gráficos que mostram que mais da metade das emissões ocorreram nos últimos 30 anos - BBC News Brasil**. 8 nov. 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-59013520>. Acesso em: 04 ago. 2024.

CARMO LIMA, Robson; DOFF SOTTA, Eleneide; BRUNO BRITO RAMOS, Mikael; MARQUES DA SILVA E SILVA, Breno; DA SILVA APARÍCIO, Perseu; KLAUS SANTOS DOS SANTOS, Yan. Equações para estimativa de volume, biomassa e carbono para três espécies nativas da Amazônia, cupiúba (*Goupia glabra* Aubl), angelim vermelho (*Dinizia excelsa* Ducke) e mandioqueira escamosa (*Qualea paraensis* Ducke). Arquivos científicos (IMMES), 2019. Disponível em: <https://arqcientificosimmes.emnuvens.com.br/abi/article/download/199/84/>. Acesso em: 06 ago. 2024.

DADOS MUNDIAIS. Emissões de metano e CO₂ por país. 2022. Disponível em: <https://www.dadosmundiais.com/co2-por-pais.php>. Acesso em: 04 ago. 2024.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Livros - Espécies Arbóreas Brasileiras**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/publicacoes/especies-arboreas-brasileiras>. Acesso em: 06 ago. 2024.

MCTI, Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. 4. ed. Brasília, DF: [s.n.], 2017. 89 p., il. Disponível em: http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706227/4ed_ESTIMATIVAS_ANUAIS_WEB.pdf/a4376a93-c80e-4d9f-9ad2-1033649f9f93. Acesso em: 04 ago. 2024.

GE, Mengpin; FRIEDRICH, Johannes; VIGNA, Leandro. 4 gráficos explicam as emissões de gases de efeito estufa por países e setores. World Resources Institute, 2020. Disponível em: <https://www.wri.org/insights/4-charts-explain-greenhouse-gas-emissions-countries-and-sectors>. Acesso em: 01 ago. 2024.

USP-ESALQ. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo - USP. LCF-510- Inventário Florestal. USP. Disponível em: <http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=publico:syllabvs:lcf510:p5 - 15 - 09 - 14.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2024.

IBF, Instituto Brasileiro de Florestas. 1,2 trilhão de árvores precisam ser plantadas para conter o aquecimento. **Instituto Brasileiro de Florestas**, 2020. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/arvores-plantadas>. Acesso em: 04 ago. 2024.

PODDER, Debajyoti. **CO₂ Emission by Vehicle**. Disponível em: <https://www.kaggle.com/datasets/debajyotipodder/co2-emission-by-vehicles>. Acesso em: 06 ago. 2024.

ROBORTELLA, Henrique Simionato. Equações de Biomassa e Estoques de Carbono de Seis Espécies Arbóreas em plantios mistos no noroeste do mato grosso. Instituto nacional de pesquisas da Amazônia – INPA - Programa de pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais, 2010. Disponível em: https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/5103/1/Henrique_Robortella.pdf. Acesso em: 06 ago. 2024.