



DESCARBONIZAÇÃO DA MATRIZ DE COMBUSTÍVEIS

**LUCIANO RODRIGUES
SABRINA MATOS**

FGV BIOECONOMIA

FGV BIOECONOMIA



Conselho FGV Bioeconomia

Carlos Ivan Simonsen Leal – Presidente da FGV e Presidente do Conselho
André Correa do Lago — Secretário do Clima, Energia e Meio Ambiente do Ministério das Relações Exteriores
Candido B. Bracher — Empresário e conselheiro do Itaú Unibanco
Marcos B. A. Galvão — Embaixador do Brasil na China
Patricia Audi
Roberto Rodrigues — Professor Emérito da FGV
Antonio Carlos Kfourir Aider — Secretário Executivo do Conselho

Coordenadores FGV Bioeconomia

Talita Priscila Pinto — Coordenadora Executiva
Cecília Fagan Costa — Gerente

Autor

Luciano Rodrigues
Sabrina Matos

PATROCINADORES



O patrocínio de centros de pesquisa e projetos de pesquisa não confere aos doadores qualquer ingerência na escolha de métodos ou interferência na determinação dos resultados das pesquisas que patrocinaram. Centros de pesquisa e pesquisadores gozam de plena liberdade acadêmica para realização de suas pesquisas. A FGV se obriga a dar ampla publicidade aos patrocínios recebidos pelas suas unidades de pesquisa.



O **DASHBOARD DE DESCARBONIZAÇÃO DA MATRIZ DE COMBUSTÍVEIS**, em conjunto com o “Relatório Trimestral de Monitoramento”, é uma iniciativa do **FGV Bioeconomia**. Seu objetivo é acompanhar a dinâmica de consumo de combustíveis no Brasil, com atenção especial à análise e compreensão dos efeitos da bioenergia na redução das emissões de gases causadores do efeito estufa (GEE). Nesta edição, o **FGV Bioeconomia** apresenta os principais destaques observados até o final do 4º trimestre de 2024.

Principais destaques deste trimestre



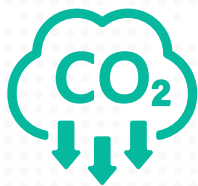
Consumo energético de combustíveis leves cresce **3,6%** e o consumo do ciclo diesel **aumenta 2,66% em 2024**.



A participação do etanol no mercado de combustíveis do ciclo Otto **apresentou expressivo aumento em 4,6 pontos percentuais em 2024**, permitindo queda de 4,2% na intensidade de carbono matriz de combustíveis leves (62,6 gCO₂eq/MJ).



Apesar do aumento do consumo de diesel, o ganho de eficiência energético-ambiental de 1,8% do biodiesel e o aumento no nível de mistura geraram redução de 1,8% na intensidade de carbono do ciclo diesel em 2024 (77,9 gCO₂eq/MJ).



Emissões evitadas pela presença da bioenergia atingiram de 64,4 milhões de toneladas de CO₂eq. em 2024, sendo 44,0 milhões de toneladas de CO₂eq. associadas ao uso do etanol e 20,4 milhões de toneladas de CO₂eq. ao biodiesel.

Matriz de Combustíveis Leves (CICLO OTTO)

Consumo e intensidade de carbono

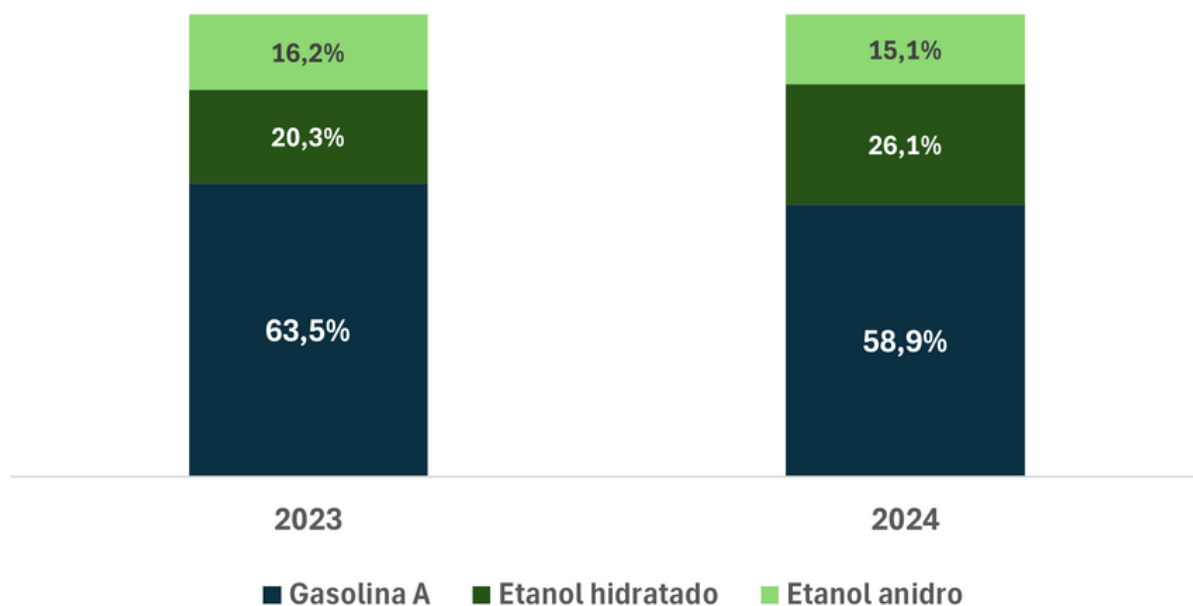
Revertendo tendência observada desde o início de 2023, a participação do etanol no consumo energético de combustíveis leves apresentou aumento significativo em 2024, chegando a atingir 41,1% de todo consumo energético da frota de veículos leves no ano.

A participação do etanol hidratado, vendido diretamente nos postos de combustíveis, saltou de 20,3% em 2023 para 26,1% no ano seguinte. Com isso, a proporção de combustíveis fósseis na matriz de veículos leves caiu para 58,9% em 2024, frente ao índice de 63,5% verificado no ano anterior **(Figuras 1 e 2)**.

A maior participação do biocombustível decorre especialmente do aumento próximo de 33% nas vendas de etanol hidratado combustível no mercado em 2024. Esse crescimento expressivo das vendas esteve associado, por um lado, a maior competitividade do biocombustível na maior parte do território nacional e, por outro, à ampliação da oferta interna de etanol hidratado. A despeito da queda na moagem de cana-de-açúcar, a oferta doméstica de etanol combustível foi sustentada pelos seguintes fatores: I) ampliação na produção de etanol de milho; II) maior estoque de passagem registrado no início de 2024; III) redução nas exportações do biocombustível; e, IV) redução na proporção de cana-de-açúcar direcionada à fabricação de açúcar na safra 2024/2025.

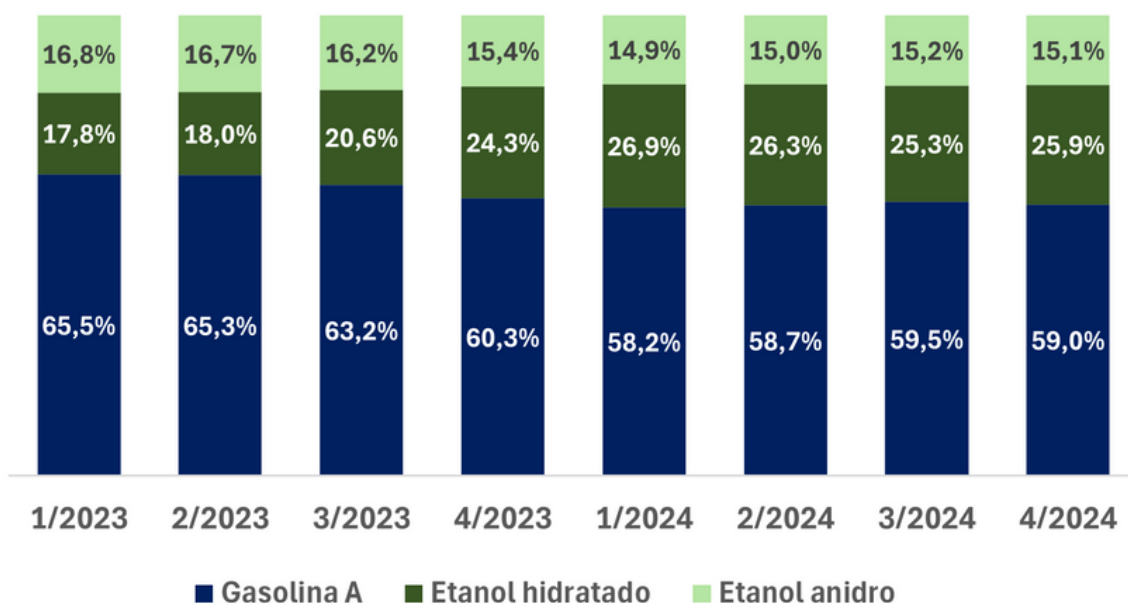


Participação energética dos combustíveis na matriz do ciclo Otto



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados da ANP (2025).

Participação energética dos combustíveis na matriz do ciclo Otto nos trimestres dos dois últimos anos



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados da ANP (2025).

Nesse contexto, a intensidade média da matriz de combustíveis leves alcançou 62,6 gCO₂eq/MJ em 2024, registrando expressiva melhora de 4,2% na comparação com o índice registrado em igual período do ano anterior (65,3 gCO₂eq/MJ). Esse indicador avalia as emissões de gases de efeito estufa (GEE) originadas da queima de uma unidade de energia (megajoule) pelos veículos leves no País.

A intensidade de média de carbono (IC) do etanol ficou praticamente estável em 2024, registrando melhora de 1,5% no caso do etanol anidro (25,3 gCO₂eq/MJ) e piora de 0,74% para o etanol hidratado (28,1 gCO₂eq/MJ) na comparação com os índices observados em 2023.

Entre as unidades da federação, a variação da intensidade média de carbono foi significativa. Em 2024, assim como em 2023, os estados com maior participação da bioenergia e, conseqüentemente, menores emissões de GEE por megajoule de energia consumida por veículos leves foram Mato Grosso (48,2 gCO₂eq/MJ), Goiás (53,6 gCO₂eq/MJ) e São Paulo (53,9 gCO₂eq/MJ). Em relação a 2023, essas unidades federativas registraram reduções de 6,8%, 6,7% e 7,4% na intensidade de carbono, respectivamente.

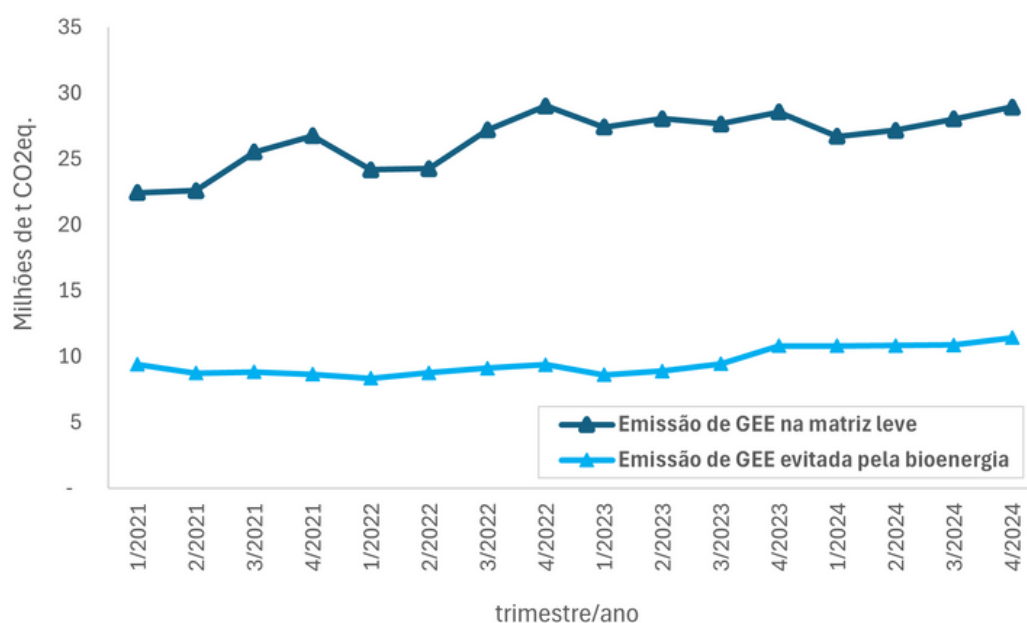
Consumo e intensidade de carbono

As emissões de GEE na matriz de combustíveis leves totalizaram 111,1 milhões de toneladas de CO₂eq em 2024, contabilizando retração de 0,7% na comparação com a quantidade emitida em igual período de 2023 (111,7 milhões de toneladas de carbono equivalente). Essa maior emissão de GEE é explicada pela já mencionada ampliação na participação do etanol hidratado, que mais do compensou o aumento de 3,6% do consumo energético de combustíveis leves no País.

Em síntese, apesar do avanço no consumo de combustíveis leves em 2024, o aumento do consumo de etanol permitiu garantir queda nas emissões de GEE na comparação com 2023.

A **Figura 3** apresenta a evolução das emissões de GEE e as emissões de GEE evitadas pela bioenergia, considerando dados trimestrais registrados até o quarto trimestre de 2024.

Evolução das emissões totais de GEE na matriz de combustíveis leves e das emissões evitadas pela bioenergia



Fonte: Elaborada pelos autores.

Emissões de GEE evitadas pela bioenergia

As emissões evitadas pela presença da bioenergia na matriz de combustíveis leves totalizaram 44,0 milhões de toneladas de CO₂eq. em 2024 (**Figura 3**), registrando melhora de 16,4% na comparação com o valor observado em igual período de 2023 (37,8 milhões de toneladas de CO₂eq.). Para se ter o mesmo resultado, seria necessário o plantio de 107,2 mil hectares de floresta tropical.

A **Tabela 1** apresenta as emissões de GEE e as emissões de GEE evitadas pela bioenergia entre as unidades federativas no ano de 2024. Além disso, são destacadas as variações das emissões em relação ao ano anterior e a participação de cada estado. Assim como em 2023, São Paulo foi responsável pela maior parcela das emissões originadas na matriz do ciclo Otto, contudo, também foi o estado no qual a presença da bioenergia representou melhor resultado em termos de emissões de GEE evitadas.

Emissões de GEE e emissões de GEE evitadas associadas à matriz do ciclo Otto em 2024

Estado	Emissões (tCO ₂ eq)	Variação em relação ao ano de 2023	Parcela das emissões totais (%)	Emissões evitadas pela bioenergia (tCO ₂ eq)
SP	26.485.857,3	-5,9	23,89%	16.469.834,5
MG	11.636.344,3	-1,1	10,50%	4.912.705,8
RS	8.631.028,3	1,2	7,79%	1.605.564,2
PR	7.820.474,0	-2,9	7,05%	2.913.372,1
SC	7.078.581,1	1,8	6,39%	1.525.885,0
RJ	5.935.651,2	1,8	5,35%	2.290.562,3
BA	5.745.335,1	5,0	5,18%	1.752.714,9
GO	4.325.546,1	-3,0	3,90%	2.720.835,6
CE	3.654.877,0	5,1	3,30%	848.604,6
PE	3.459.850,7	2,4	3,12%	947.004,6
PA	3.245.010,1	4,6	2,93%	684.673,3
MA	2.514.003,0	3,9	2,27%	509.628,4
DF	2.335.801,1	-5,0	2,11%	850.578,7
ES	2.289.148,4	1,0	2,07%	576.545,0
MT	2.025.404,9	-2,5	1,83%	1.649.938,9
PB	1.819.005,9	3,1	1,64%	530.643,0
MS	1.801.440,1	-6,6	1,63%	734.423,9
RN	1.545.128,6	1,3	1,39%	337.568,5
AM	1.508.018,3	2,2	1,36%	516.322,3
PI	1.498.069,5	5,7	1,35%	327.711,0
AL	1.213.012,6	4,5	1,09%	303.345,9
RO	1.077.390,5	0,7	0,97%	217.997,3
SE	999.502,5	5,1	0,90%	236.184,2
TO	993.964,9	2,4	0,90%	240.212,1
AP	443.992,9	0,2	0,40%	79.235,6
RR	421.681,6	3,1	0,38%	85.260,7
AC	349.650,1	-0,4	0,32%	82.968,5

Fonte: Elaborada pelos autores.

Matriz do Ciclo Diesel

Consumo e intensidade de carbono

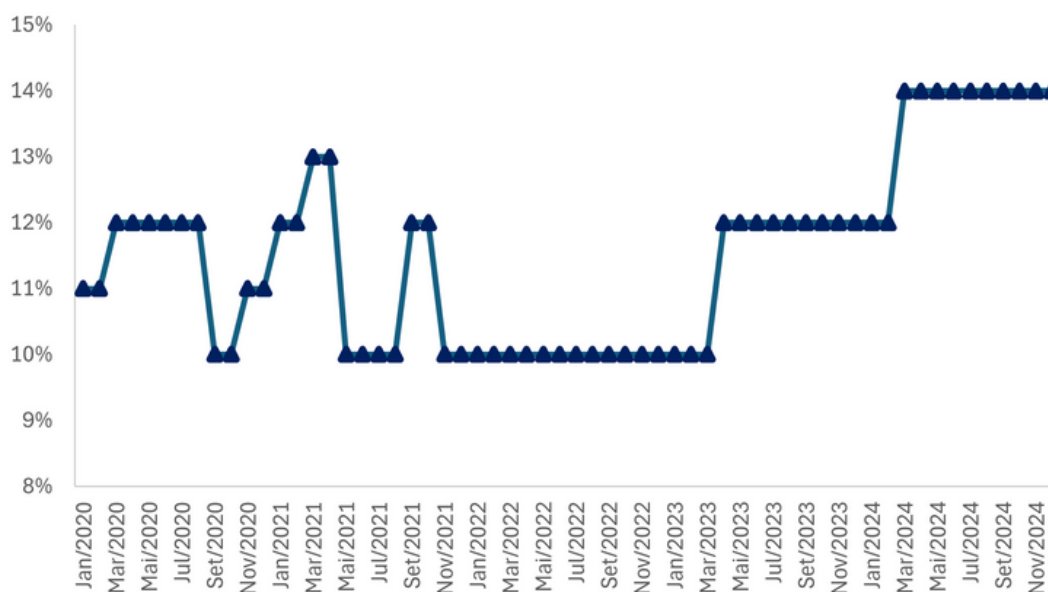
O consumo de diesel B (mistura de diesel puro com biodiesel) atingiu 67,3 bilhões de litros em 2024, com aumento de 2,7% na comparação com o volume comercializado em igual período do ano anterior (65,5 bilhões de litros).

A despeito desse aumento no consumo, a intensidade média de carbono da matriz do ciclo diesel alcançou 77,9 gCO₂eq/MJ no em 2024, registrando melhoria de 1,8% na comparação com o IC médio verificado no ano anterior (79,3 gCO₂eq/MJ).

O biodiesel comercializado em 2024 apresentou melhoria de 1,8% na intensidade de carbono, saindo de 20,1 gCO₂eq/MJ em 2023 para 19,7 gCO₂eq/MJ na média de 2024.

Em síntese, a melhora mencionada na IC do ciclo diesel decorre do ganho de eficiência energético-ambiental associado à produção de biodiesel e, especialmente, do aumento na participação do biodiesel no consumo energético da frota pesada observado em 2024. A saber, a mistura volumétrica de biodiesel no diesel B foi incrementada em março deste ano, passando de 10% para 12% (**Figura 4**).

Evolução do percentual de mistura de biodiesel adicional ao diesel.



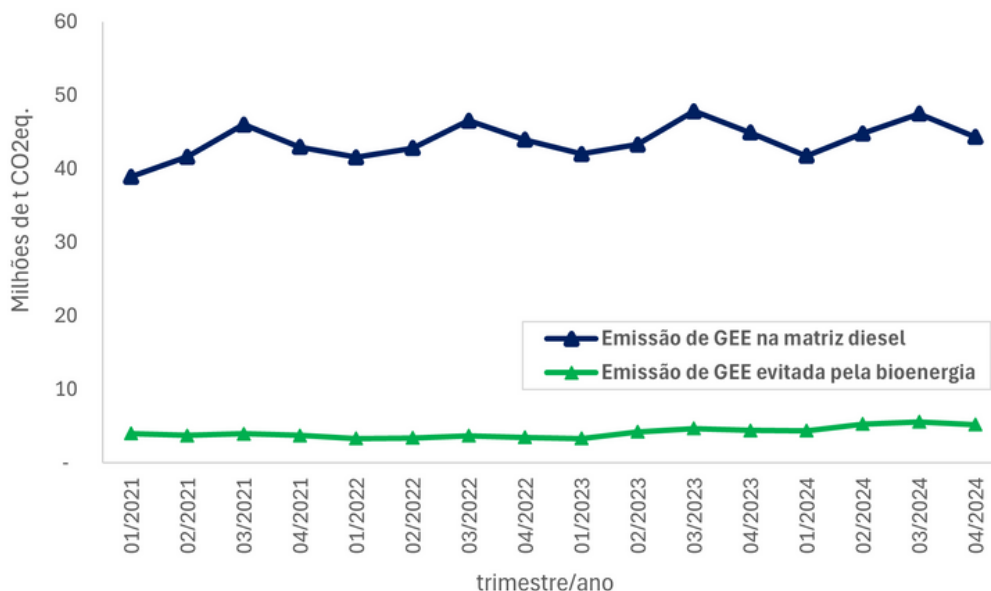
Fonte: Elaborada pelos autores.

Emissões de GEE

As emissões de GEE na matriz de combustíveis do ciclo diesel totalizaram 178,4 milhões de toneladas de CO₂eq em 2024 (**Figura 5**), ficando praticamente no mesmo patamar registrado em igual período de 2023 (178,1 milhões de toneladas de carbono equivalente).

Caso a melhora na IC do biodiesel e o aumento da mistura do biocombustível no consumo total não tivessem acontecido, o crescimento das emissões de GEE na matriz do ciclo diesel teria alcançado 2,7% em 2024, ante o aumento de apenas 0,2% registrado no período.

Evolução das emissões totais de GEE na matriz de combustíveis pesados e das emissões evitadas pela bioenergia



Fonte: Elaborada pelos autores.

Emissões de GEE evitadas pela bioenergia

As emissões de GEE evitadas pela presença da bioenergia na matriz de ciclo diesel atingiram 20,4 milhões de toneladas de CO2eq. em 2024 (**Figura 6**). Esse índice representa um crescimento significativo de 22,6% na comparação com as 16,6 milhões de toneladas de CO2eq. verificadas em 2023.

Para se ter o mesmo resultado em termos de emissões de GEE evitadas ao longo de 2024, seria necessário o plantio de 49,8 mil hectares de floresta tropical.

A **Tabela 2** apresenta as emissões de GEE e as emissões de GEE evitadas pela bioenergia entre as unidades federativas no ano de 2024. Além disso, são destacadas a variação das emissões em relação ao ano anterior e a parcela das emissões de GEE atribuída a cada estado. São Paulo, Minas Gerais e Paraná continuam sendo responsáveis por, aproximadamente, 43% das emissões originadas na matriz do ciclo diesel. Contudo, também foram os estados nos quais a presença da bioenergia representou melhor resultado em termos de emissões de GEE evitadas: cerca de 8,65 milhões de toneladas de CO2eq. deixarem de ser emitidas, representando uma melhora de 23,5% em relação a 2023.

Emissões de GEE e emissões de GEE evitadas associadas à matriz do ciclo diesel em 2024

Estado	Emissões (tCO ₂ eq)	Variação em relação ao ano de 2023	Parcela das emissões totais (%)	Emissões evitadas pela bioenergia (tCO ₂ eq)
SP	37.249.279,4	-1,1	20,2%	4.127.995,7
MG	23.086.434,5	1,7	12,5%	2.557.888,1
PR	17.748.686,9	-0,5	9,6%	1.961.010,9
RS	11.158.052,0	1,9	6,1%	1.235.750,9
MT	11.012.159,3	0,6	6,0%	1.213.369,6
BA	10.045.659,9	2,7	5,4%	1.113.568,1
GO	9.571.694,5	-1,7	5,2%	1.059.536,5
SC	8.619.448,5	2,5	4,7%	952.705,2
PA	8.260.114,2	-0,7	4,5%	914.532,4
RJ	7.780.892,7	2,0	4,2%	860.810,4
MS	5.403.198,1	-2,0	2,9%	596.742,0
MA	4.723.368,3	0,6	2,6%	523.724,2
PE	4.346.132,0	-0,1	2,4%	480.498,4
ES	3.737.992,6	-0,4	2,0%	413.796,2
TO	3.446.961,4	-2,7	1,9%	381.731,8
CE	3.380.675,5	5,9	1,8%	374.061,1
AM	2.829.502,8	6,1	1,5%	314.398,7
RO	2.462.537,2	-3,1	1,3%	272.285,9
PI	1.905.669,4	5,5	1,0%	211.416,8
PB	1.439.296,7	8,8	0,8%	159.207,3
RN	1.378.379,4	4,8	0,7%	152.494,9
AL	1.194.028,8	1,8	0,6%	131.723,0
DF	1.087.636,1	0,5	0,6%	120.511,4
SE	1.080.989,7	1,3	0,6%	119.646,6
RR	686.794,6	5,6	0,4%	75.913,6
AC	456.554,1	0,8	0,2%	50.640,7
AP	280.106,4	0,4	0,2%	31.007,4

Fonte: Elaborada pelos autores.



FGV BIOECONOMIA