

VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DO ÓXIDO DE GRAFENO

Pesquisador: Dimitrius Carvalho Chagas

Orientador: Prof. Dr. Mauro Terence

Apoio: PIBITI CNPq

RESUMO

O mercado do óxido de grafeno tem crescido nos últimos anos e a expectativa é que seu valor continue aumentando. O crescimento do mercado está ocorrendo devido ao crescimento da demanda desses matérias, que pode ser utilizado em diversas áreas como: setor automobilístico, setor de tecnologia e setor industrial. Apesar disso, existe uma quantidade limitada de laboratórios que pesquisam ou produzem o óxido de grafeno atualmente. Isso ocorre porque o custo para pesquisa e produção ainda é muito elevado devido ao baixo rendimento de sua produção e a necessidade do laboratório ser especializado em nanotecnologia para as pesquisas. A matéria prima do óxido de grafeno é o grafite, e o Brasil possui a segunda maior reserva de grafite no mundo. Neste trabalho foi realizada uma pesquisa para avaliar a viabilidade técnico-econômica do óxido de grafeno, visando identificar a viabilidade de um investimento para produção deste material no Brasil. Para isso, foram avaliados 38 produtos, que tiveram seu valor e suas características técnicas comparadas. Também foi comparado o valor agregado do óxido de grafeno com o valor se sua matéria-prima o grafite, que possui um valor extremamente maior. Para definir a viabilidade econômica foi simulada uma possível expansão de um laboratório para que o mesmo iniciasse a produção de óxido de grafeno.

Palavras-chave: Óxido de Grafeno, Grafeno, Grafite.

ABSTRACT

The graphene oxide market has been growing in recent years and its value is expected to continue increasing. Market growth is occurring due to the growing demand for these materials, which can be used in various areas such as the automotive sector, technology sector and industrial sector. Nevertheless, there are a limited number of laboratories currently researching or producing graphene oxide. This is because the cost for research and production is still very high due to the low yield of its production and the need for the laboratory to be specialized in nanotechnology for research. The raw material of graphene oxide is graphite, and Brazil has the second largest graphite reserve in the world. In this work a research was carried out to evaluate the technical-economic viability of graphene oxide, aiming to identify the viability of an investment for production of this material in Brazil. For this, 38 products were evaluated, which had their value and their technical characteristics compared. The aggregate value of graphene oxide was also compared with the value if its raw material is graphite, which has an

extremely higher value. To define the economic viability, a possible expansion of a laboratory to simulate the production of graphene oxide was simulated.

Keywords: Graphene Oxide, Graphene, Graphite.

1. INTRODUÇÃO

O óxido de grafeno (GO) é composto por grupos funcionais, ligados à sua camada de carbono. As propriedades desses materiais estão relacionadas com várias aplicações, como por exemplo: a dessalinização da água, nanocompósitos, biomedicina, componentes eletrônicos, biossensores, liberação controlada de fármacos, entre outros. O sucesso dessas aplicações está relacionado com a capacidade de produção e qualidade do material produzido, já que quantidades ínfimas de óxido de grafeno já garantem um desempenho melhorado.

O óxido de grafeno (GO) é um material bidimensional a base de carbono com grupos funcionais nas bordas e no plano basal. O módulo de Young e a força intrínseca das folhas do GO são de 6-42 GPa e 76-293 MPa, respectivamente, apesar da sua baixa cristalinidade (GAO, 2012). Ele possui hibridização sp² e na sua maioria sp³. O GO é composto aproximadamente de 82% de regiões oxidadas, 16% de regiões pristinas e 2% de buracos (HUANG et al., 2015). Os grupos funcionais se originam das reações de oxidação e estão ligados aleatoriamente na superfície da camada de carbono, sendo esta parte as regiões oxidadas (CHEN et al., 2010, pp. 133-137). A versatilidade do óxido de grafeno o torna um nanomaterial importante para o desenvolvimento de futuras tecnologias.

O Brasil apresenta grande potencial para uso desse material por sua capacidade de produção, e ocupa a quarta no rank mundial entre os países que mais produziram grafite em 2017 segundo o instituto americano United States Geological Survey (2018). Embora a matéria-prima do óxido de grafeno seja abundante, o seu custo de produção ainda é muito elevado. Isso ocorre, pois os métodos atuais de obtenção do óxido de grafeno tem um rendimento muito baixo. Esse fator é um empecilho para os laboratórios e indústrias que desejam estudar o GO e suas propriedades, o que restringe a produção desse material apenas para laboratórios especializados em nanotecnologia.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O intuito desta pesquisa é estudar os métodos de produção do óxido de grafeno atribuindo os seus custos e benefícios, estabelecer possíveis aplicações e analisar o papel atual e futuro de sua importância para o mercado tecnológico. Em seguida será analisado a viabilidade técnico-econômica com o objetivo de determinar o papel do Brasil no mercado mundial de óxido de grafeno. Este trabalho é complemento de outro trabalho que faz a Análise Técnico-Econômica de Grafite.

1.1.2 Objetivos específicos

- Comparar as características econômicas e técnicas entre os produtos pesquisados.
- Analisar a tendência do mercado do óxido de grafeno.
- Analisar o valor atual do grafeno, óxido de grafeno, óxido de grafeno reduzido e do grafite no mercado atual.
- Analisar as reservas de grafite no Brasil e no mundo.

1.2 JUSTIFICATIVA

O óxido de grafeno é ainda um produto com uma baixa participação no mercado, mas a projeção para os próximos anos é que sua demanda apenas suba, tornando-o assim um produto mais atrativo para investidores. Segundo o instituto de pesquisas MarketsandMarkets (2018) a expectativa é que o mercado global de grafeno atinja um valor de U\$ 278,47 milhões até 2020, com uma taxa de crescimento de 42,8% de 2015 a 2020.

Em 2010 existiam aproximadamente 1000 patentes registradas envolvendo novos produtos que utilizam o grafeno ou o óxido de grafeno. Atualmente já existem uma quantidade considerável de laboratórios que estudam e vendem o óxido de grafeno e seus similares. Ainda assim, alguns fatores impossibilitam muitos laboratórios que possuem interesse nessa área, mas não tem todos os recursos necessários para dar continuidade em suas pesquisas em grafeno, GO ou GOr. Apesar de sua matéria prima ser abundante e de baixo valor, os custos para realizar pesquisas com esses materiais ainda são muito elevados, além de exigir que os laboratórios sejam especializados em nanotecnologia. Um outro fator relevante, é o baixo rendimento dos processos de produção, o que também contribui para um alto custo.

Essa pesquisa tem o intuito de avaliar a viabilidade técnico econômica do óxido de grafeno, analisando a distribuição de sua matéria prima no Brasil e no mundo, diferentes tipos de produtos existentes, atual rendimento e valor para produção do GO, e projeções para seu valor de mercado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para estudar a viabilidade técnica e o rendimento da produção do óxido de grafeno, será avaliada uma produção do óxido de grafeno extraída da revista *Journal of Materials Science*. Para o desenvolvimento da pesquisa será desenhado um diagrama do fluxo de processo que terá o seu tempo de ciclo calculado.

O tempo de ciclo é basicamente o tempo padrão que uma unidade, ou um lote de um determinado produto demora para ser processado em uma determinada etapa. O tempo de ciclo efetivo é o tempo que uma unidade ou lote efetivamente demora para ser processado em uma determinada etapa. Esse valor é obtido através de uma fórmula que leva em consideração o tempo de ciclo da etapa, seu número de recursos e o seu OEE (Overall equipment effectiveness). O número ideal de recursos é o cálculo da quantidade ideal de recursos para cada etapa, para atender sua demanda ou sua meta de produção. O diagrama de fluxo de processo é um diagrama que divide e classifica as etapas de um determinado processo, apresentando uma visão macro de todo o fluxo de funcionamento do mesmo.

Como durante a pesquisa não foi possível acompanhar um processo real, deixo como sugestão para trabalhos futuros relacionados ao tema a utilização de ferramentas que estejam ligadas a filosofia Lean, que tem como objetivo otimizar processos reduzindo seus desperdícios e analisando seus resultados numericamente, para encontrar suas oportunidades de melhorias. Também sugiro a aplicação do trabalho de tempos e métodos proposto por Barnes (1997), para auxiliar nas análises dos tempos do processo e na identificação das oportunidades de otimização do processo. A metodologia dos tempos e movimentos avalia o processo basicamente separando as atividades que agregam e que não agregam valor. Segundo Barnes (1977), estudos mais detalhados referentes aos tempos de um processo começaram com Taylor em 1881, para medir de formas mais eficientes para que pudesse identificar mais facilmente as oportunidades de melhoria de sua linha de produção. Essa metodologia consiste em separar um processo em etapas. Cada etapa deve ter seu tempo de ciclo médio definido junto a sua variabilidade.

O cálculo do custo do processo será feito baseado no conteúdo da disciplina de contabilidade de custos. Serão utilizados os conceitos aprendidos para o cálculo dos custos variáveis e fixos, custo operacional e margem de lucro para produção do óxido de grafeno. O custo variável é calculado através da soma de todos os custos que são diretamente proporcionais a quantidade produzida, como por exemplo consumo de matéria prima e custo com energia elétrica. Segundo Martins (2003) o custo fixo é calculado através da soma de todos os custos que não tem relação com a quantidade produzida, ou seja, se a quantidade produzida for 0 ou 1,000,000 o custo fixo permanece o mesmo, como por exemplo o gasto

com salários dentro de uma empresa. O custo operacional é calculado através da soma de todos os custos que estão diretamente ou indiretamente relacionados a determinado produto. A margem de contribuição calculada através da diferença entre o lucro líquido gerado e custo de produção de um determinado produto.

3. METODOLOGIA

A primeira etapa foi a pesquisa dos valores e características técnicas dos produtos já existentes no mercado. Através de uma pesquisa na internet foram encontrados os valores de mercado e as características técnicas de alguns produtos do óxido de grafeno, do grafeno e do óxido de grafeno reduzido. A pesquisa foi feita em 5 sites de laboratórios de pesquisa diferentes, com um total de 38 produtos avaliados.

Para análise de processo foi avaliada a obtenção do óxido de grafeno a partir do método de Hummers descrito pelo jornal Journal of Materials Science em 2012. A partir da descrição feita pelo jornal foi desenhado um fluxograma do processo.

A partir das análises de rendimento e custo, e análise da projeção do mercado para os próximos anos, será estimado um possível valor de venda desse produto. Esse valor do produto junto a suas características técnicas será comparado com os produtos já pesquisados. Após a obtenção dos resultados será possível discorrer conclusões referentes a viabilidade técnico-econômica do óxido de grafeno.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 Mercado atual

Mesmo com um aumento do número de laboratórios que trabalham e vendem grafeno, óxido de grafeno ou óxido de grafeno reduzido, o seu valor agregado ainda é muito elevado.

A partir da tabela 1 é possível identificar que os preços desses produtos podem ter grandes variações dependendo de suas características. Esses materiais são comparados de acordo com suas especificações como: pureza, forma, densidade, condutividade elétrica, condutividade térmica, força elástica, resistência, e até quando são associados a algum solvente.

Tabela 1 – Grafeno, GO e GOR

Produto	Descrição do Produto	Valor	Quantidade	Empresa
GO	Dispersão de Água de Óxido de Grafeno	US\$ 137,00	1 litro	Graphenea

GO	Óxido de grafeno altamente concentrado	U\$ 440,00	400 ml	Graphenea
GO	Pó de Óxido de Grafeno	U\$ 97,00	1g	Graphenea
rGO	Óxido de grafeno reduzido	U\$ 97,00	1g	Graphenea
GO	Filme de óxido de grafeno	U\$ 53,00	Diâmetro: 4 cm Espessura: 12-15 µm	Graphenea
GO	Dispersão de Água de Óxido de Grafeno	U\$ 47,00	250 ml	Graphenea
GO	Óxido de grafeno funcionalizado com amina	U\$ 97,00	1g	Graphenea
Graphene	Silano modificado	U\$ 285,00	250 mg	Sigma - Aldrich
Graphene	Alquilamina funcionalizada	U\$ 285,00	250 mg	Sigma - Aldrich
Graphene	Graphene	U\$ 289,00	500 mg	Sigma - Aldrich
GO	GO	U\$ 116,00	1 unidade	Sigma - Aldrich
GO	GO não esfoliado	U\$ 400,00	100 g	Sigma - Aldrich
GO	GO, dispersão em H ₂ O	U\$ 468,00	100 ml	Sigma - Aldrich
GO	Folha de GO	U\$ 340,00	1 g	Sigma - Aldrich
Graphene	Nanoplatelets grafeno	U\$ 105,00	250 g	Sigma - Aldrich
Graphene	grafeno em pó / Tipo de surfactante: surfactante aniônico	U\$ 299,00	500 mg	Sigma - Aldrich
Graphene	Nanopowder de grafeno: AO-2: 8nm Flakes-5g	U\$ 99,00	5 g	Graphene Supermarket
Graphene	Nanopómero de grafeno: A-12: 3nm-5g	U\$ 100,00	5	Graphene Supermarket
Graphene	Grafeno Granulado Condutor Eletricamente	U\$ 100,00	100 g	Graphene Supermarket
Graphene	Folhas de grafeno condutivas	U\$ 125,00	5 folhas	Graphene Supermarket
Graphene	Folhas de grafeno condutivas	U\$ 395,00	20 folhas	Graphene Supermarket
Graphene	Dispersão condutiva de grafeno	U\$ 125,00	100 ml	Graphene Supermarket
Graphene	CVD Graphene TEM Grid no suporte Lacey Carbon	U\$ 125,00	5 pacotes	Graphene Supermarket
Graphene	Aerogel Grafeno	U\$ 125,00	1,75 mg	Graphene Supermarket
Graphene	Grafeno em Carboneto de Silício (SiC)	U\$ 495,00	filme	Graphene Supermarket
rGO	Óxido de grafeno reduzido em porosidade elevada	U\$ 175,00	0,25 g	Graphene Supermarket
GO	Óxido de grafeno de camada simples funcionalizado	U\$ 400,00	1 g	Graphene Supermarket
Graphene	Pelotas termoplásticas condutoras de grafeno / PLA	U\$ 175,00	500 g	Graphene Supermarket
GO	Dispersão de óxido de grafeno (1%, aquosa)	U\$ 31,83	100 ml	GO Graphene
GO	Pó De Óxido De Grafeno	U\$ 106,11	1 g	GO Graphene

GO	Floco de Óxido de Grafeno	U\$ 47,75	1g	GO Graphene
Graphene	Grafeno em folha de cobre	U\$ 285,00	Área: 50mm x 50mm, 1ea	Grapehene Square
Graphene	Grafeno em SiO ₂	U\$ 189,00	Área: 10mm x 10mm, 1ea / 3 camadas	Grapehene Square
Graphene	Grafeno em PET	U\$ 449,00	Área: 10mm x 10mm, 10ea	Grapehene Square
Graphene	Grafeno em vidro de quartzo	U\$ 252,00	Área: 10mm x 10mm, 4ea	Grapehene Square
Graphene	Solução de óxido de grafeno	U\$ 130,00	100 ml	Grapehene Square
Graphene	Grafeno CVD na grade TEM	U\$ 70,00	1 unidade	Grapehene Square
Graphene	Graphene Quantum Dot	U\$ 726,00	1 unidade	Grapehene Square

Após uma análise de correlação entre as características e o valor agregado de cada produto, foi identificado que os fatores que mais agregam valor são: a concentração de carbono do produto (quanto maior a concentração, maior o valor agregado), e a quantidade de camadas do produto (quanto menor o número de camadas, maior o valor agregado do produto).

Tabela 2 – Grafite

Produto	Descrição do Produto	Valor	Quantidade	Empresa
Grafite	Grafite eletroerosão	R\$ 150,00	1 kg	Steel Carbon
Grafite	LUBRIPLANT	R\$ 3,60	1 kg	Grafite do Brasil
Grafite	C90/400	R\$ 4,20	1 kg	Grafite do Brasil
Grafite	C92/12BRQ	R\$ 3,00	1 kg	Grafite do Brasil
Grafite	C95/12BRQ	R\$ 3,40	1 kg	Grafite do Brasil
Grafite	C99/200	R\$ 4,60	1 kg	Grafite do Brasil
Grafite	Grafite - porosidade aparente	R\$ 75,00	1 kg	Cp Grafite
Grafite	Grafite - sem porosidade aparente	R\$ 210,00	1 kg	Cp Grafite
Grafite	Grafite Natural Cristalina Alta	U\$ 150,00	1 g	Graphene Supermarket
Grafite	Floco Grafite (Flake)	U\$ 50,00	100 g	Graphene Supermarket
Grafite	Grafite Amorfa	U\$ 50,00	100 g	Graphene Supermarket

Para avaliação da viabilidade econômica, foi realizada uma pesquisa do valor do grafite no mercado. Os produtos analisados estão na tabela 2. A variação do preço do grafite varia de acordo com sua pureza e o quanto sua superfície é trabalhada. Se comparada à média dos valores, o grafeno chega a ter um valor agregado 194 vezes maior que o valor do grafite.

4.2 Reservas de grafite no mundo

De acordo com os dados apontados pelo USGS (United States Geological Survey), os principais usos do grafite natural em 2017 foram os revestimentos de freio, lubrificantes, metais em pó, aplicações refratárias e fabricação de aço.

O consumo de grafite do mundo subiu constantemente desde 2013 até 2017. O Brasil ficou em quarto lugar dentro os países com as maiores produções de grafite no mundo em 2017 com aproximadamente 95 milhares de toneladas produzidas. A China ocupa a primeira com 780 milhares de toneladas, valor que corresponde a 67% do grafite do mundo. A América do Norte produziu apenas 3% da oferta mundial de grafite com produção no Canadá e no México. Atualmente o Estados Unidos não possuem uma empresa produtora de grafite relatada. Referente a proporção das reservas de grafite, o Brasil ocupa a segunda posição com 70 milhões de toneladas ficando atrás apenas da Turquia, que possui 90 milhões de toneladas em reservas.

Gráfico 1 – Produção de minas e reservas em 2017

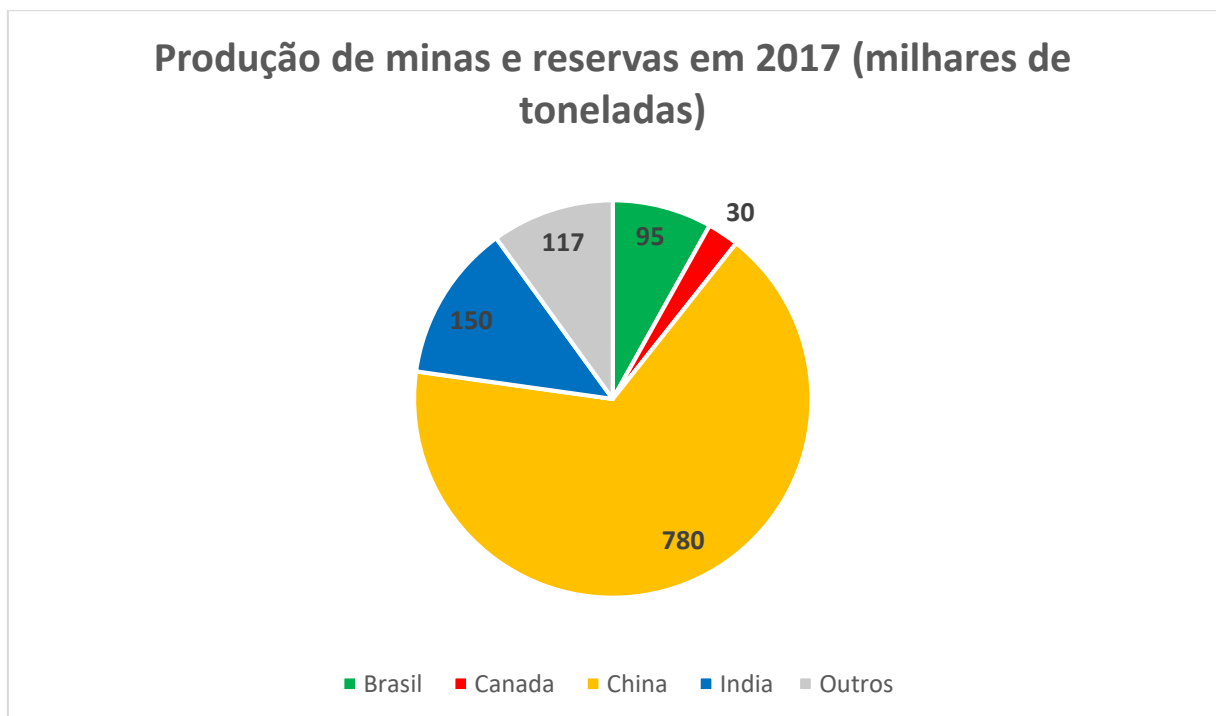
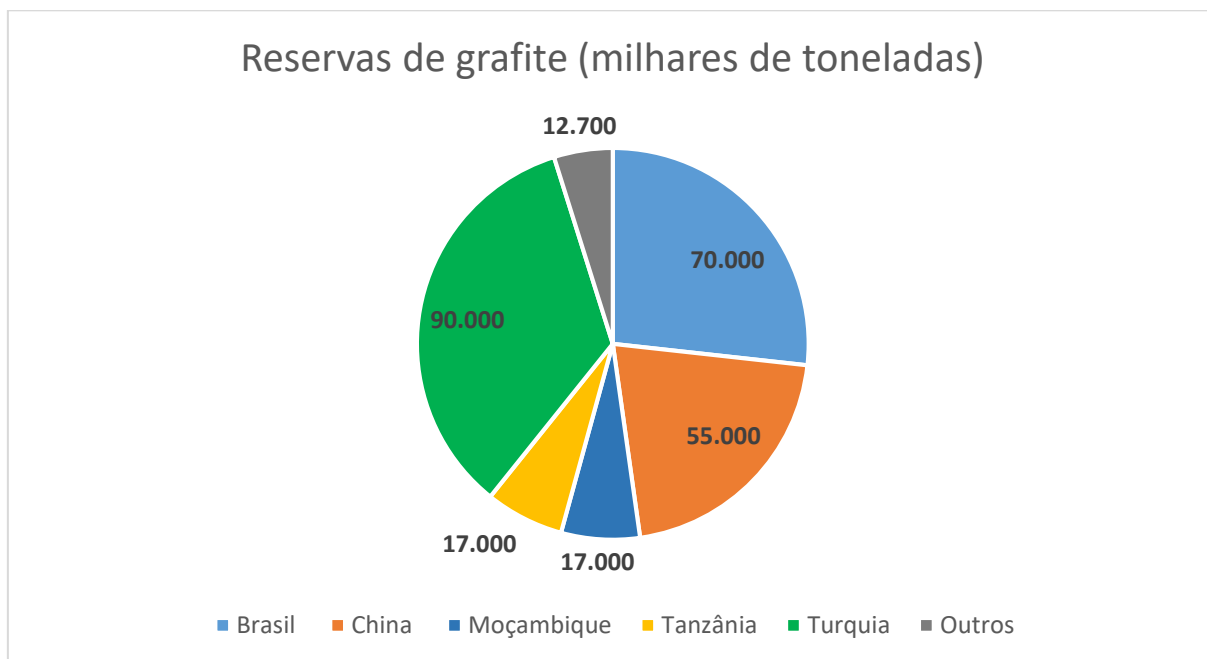


Gráfico 2 – Reservas de grafite no mundo



4.3 Análise de mercado

Segundo a empresa de pesquisa Hardman and Company existe uma expectativa que o mercado de grafeno atinja um valor de U\$ 305 milhões em 2025. Estima-se que aproximadamente 100 milhões de dólares já foram comercializados em produtos relacionados ao grafeno. Os principais produtos vendidos foram: RFID, smart packing, super capacitores, compósitos, sensores lógicos e programáveis. Os materiais para impressora 3D, estão incluídos na categoria de compósitos, e compõe a maior representatividade de marketshare desses produtos.

O mercado de grafeno pode ser dividido em 6 segmentos principais de end-user: eletrônicos, automotivo, aeroespacial e defesa, saúde, energia e outros (materiais de revestimento, tinta, filtros de água, etc.).

O segmento eletrônico representa 30% do mercado de grafeno global. O grafeno é muito utilizado nesse setor por sua alta condutividade e força (ou resistência). Utilizado em produtos para touch screen, circuitos de computadores, semi-condutores, ou para desenvolver chips de memória para celulares. O crescimento da popularidade do grafeno nesse setor, deve aumentar a demanda do mesmo e impulsionar o crescimento do mercado a médio prazo.

O setor automobilístico representa 20% do mercado de grafeno. É provável que esse setor registre um CAGR (Compound Annual Growth Rate) de mais de 34% a médio prazo. Esse setor utiliza nanocompositos para sensores, adesivos smart, e outros componentes automobilísticos. Como o setor automobilístico busca produzir carros cada vez mais leves, a tendência é que a utilização do grafeno nesse setor também cresça devido a esse fator.

A Europa representava 25% do valor de mercado de grafeno de 2016. Além de representar a maior parte de investimentos em pesquisa em grafeno, o que influencia positivamente o crescimento do mercado. A expectativa é que o crescimento no setor da

saúde e aeroespacial cresça com o passar dos anos, e esse fator, fará com que o mercado na Europa cresça.

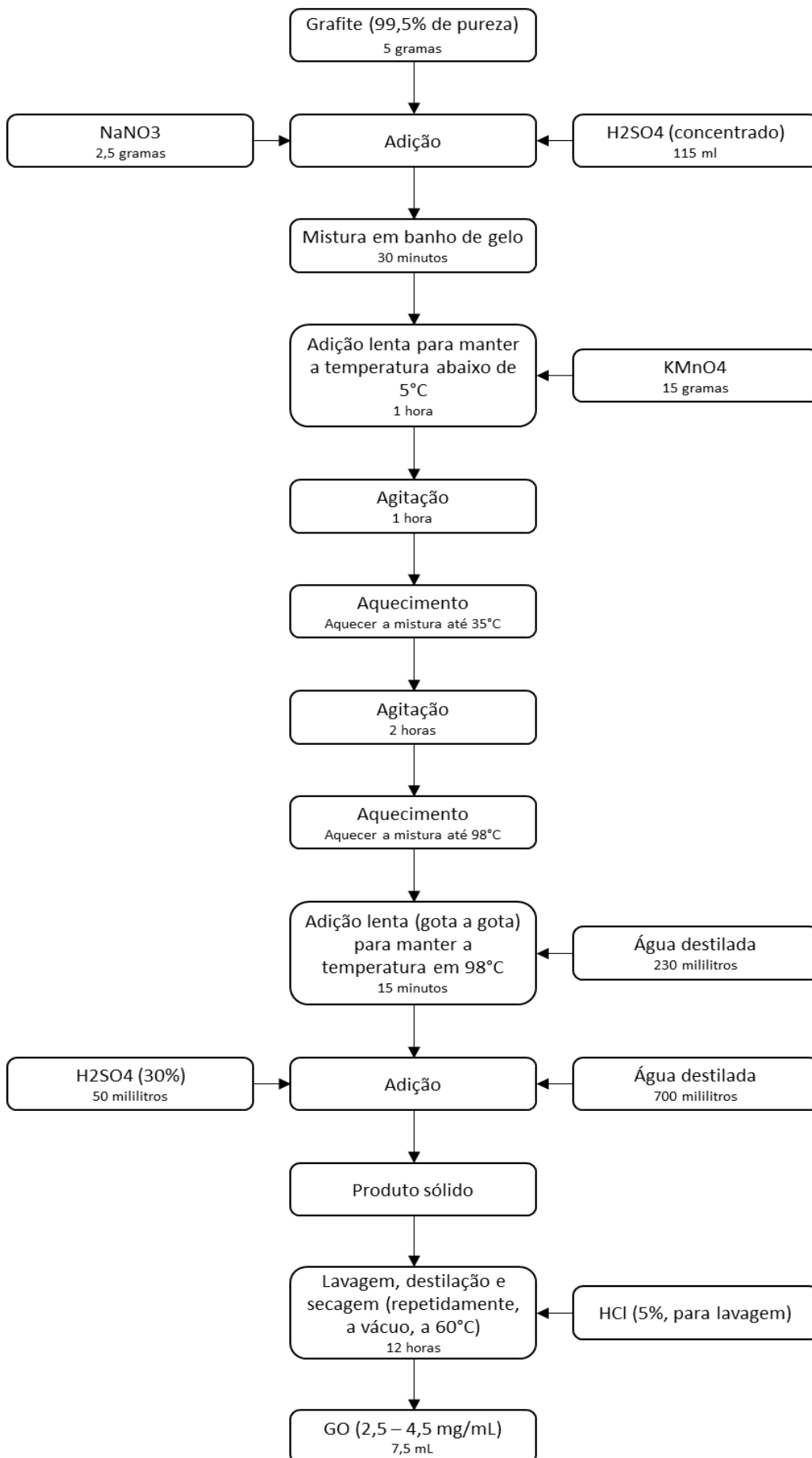
O mercado asiático tinha um valor de aproximadamente U\$ 5.0m em 2016 e a expectativa é que o continente apresente um CAGR de 34% a médio prazo. Esse mercado irá crescer principalmente na área de investimentos na área de eletrônicos e automóveis. A presença de grandes minas de grafite na China, e os centros de pesquisa na região da Japão, Coreia do Sul, Índia e China, também irão contribuir para o crescimento do mercado do grafeno.

O grafeno de nano plaquetas representam a maior escala de produção do mercado, aproximadamente 30%. Essas matérias tem características como: alta condutividade térmica e elétrica, rigidez, e dureza superficial.

Os grafenos com mono ou bicamadas, registraram U\$ 2.4m no ano de 2016 e é esperado um CAGR de 34,3% a médio prazo. O grafeno de monocamada pode ser utilizado como ponte atômica para criar outro material interpondo as camadas de outros compostos. O grafeno de bicamada pode ser utilizado como semicondutores e utilizado em sensores, uma vez que possuem uma alta sensibilidade, boa repetibilidade, resposta rápida e estabilidade. Aumentar a pesquisa dessas matérias também irá colaborar para o crescimento do mercado de grafeno.

4.4 Análise de processo e viabilidade econômica

A partir da descrição do método de Hummers feita pelo Journal of Materials Science, foi realizado o fluxograma abaixo:



A partir do fluxograma é possível identificar o tempo de ciclo desse processo que é de 16 horas e 45 minutos. Considerando um laboratório que segue esse método, realiza um processo que mantém a proporção e produz 750 ml de solução por dia e trabalha em média 22 dias por mês, a produção média de óxido de grafeno mensal desse laboratório seria de 16.500 ml por mês. Comparando com os outros produtos similares do mercado, os 7,5ml seriam vendidos por R\$ 50,00.

Baseado no método apresentado, os produtos necessários para produzir o óxido de grafeno e seus respectivos custos estão descritos na tabela 3. Esses são os custos variáveis do processo, ou seja, estão diretamente relacionados a quantidade produzida.

Tabela 3 – Custos Variáveis

Item	Quantidade	Valor
Grafite (99,5% de pureza)	5 gramas	R\$ 10,00
NaNO ₃	2,5 gramas	R\$ 0,08
H ₂ SO ₄	165 ml	R\$ 10,61
KMnO ₄	15 gramas	R\$ 0,83
Água destilada	930 ml	R\$ 4,18
Hcl	100 ml	R\$ 14,00
Total	-	R\$ 39,70

Os equipamentos necessários para o funcionamento do processo estão descritos na tabela 4. Os equipamentos são comprados como ativos da empresa, e entram no custo operacional com um valor de depreciação desses equipamentos, e são classificados com custos fixos, ou seja, não dependem da quantidade produzida.

Tabela 4 – Custos de equipamento (Fixos)

Equipamento	Valor
Agitador	R\$ 620,00
Misturador	R\$ 729,00
Aquecedor	R\$ 1.099,98
Total	R\$ 2.448,98

Considerando uma durabilidade de 3 anos dos três equipamentos, o custo de depreciação do agitador, misturador e aquecedor seria respectivamente de R\$ 17,22 , R\$ 20,25 e R\$ 30,55.

Considerando um cenário em que um laboratório já existente investisse em sua estrutura para começar a produzir grafeno, alguns dos custos atribuídos foram estimados e estão descritos na tabela 5.

Tabela 5 – Custos de estrutura (Fixos)

Item	Valor
Bancada, armários, prateleiras e gavetas	R\$ 7.000,00
Computador completo	R\$ 1.400,00
Total	R\$ 8.400,00

Também seria necessário um técnico de laboratório que teria um custo mensal de aproximadamente R\$ 3.500,00.

Considerando uma durabilidade de 10 anos para as bancadas, prateleiras e gavetas e de 4 anos para os computadores, o custo de depreciação mensal seria respectivamente de R\$ 58,33 e R\$ 29,17.

O custo operacional desse cenário é de R\$ 87.495,52 e o lucro bruto é de R\$ 110.00,00, o que resulta em uma margem de lucro mensal de R\$ 22.504,48. Os valores do cenário avaliado podem mudar para os casos reais e que podem ter sua viabilidade econômica calculada seguindo o mesmo raciocínio da pesquisa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grafeno e seus derivados apresentam projeções positivas, com um crescimento em todos os seus segmentos de aplicação, o que acarretará em um crescimento da demanda desses matérias. O Brasil possui a segunda maior reserva de grafite do mundo, que apesar de ser um material de baixo valor agregado, ele pode ser transformado em matérias como grafeno, GO ou GOr que possuem um alto valor agregado. O processo para produção de óxido de grafeno ainda possui um rendimento baixo e requer um nível considerável de equipamentos de alta tecnologia, entretanto, conforme o apresentado neste trabalho, o investimento em produção de óxido de grafeno é rentável.

6. REFERÊNCIAS

BARNES, R.M. Estudo de tempos e movimentos: projeto e medida do trabalho. Tradução de Sergio Luis Oliveira Assis, José S. Guedes Azevedo e Arnaldo Pallota. 6. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

FRANCISLEI SANTA ANNA SANTOS 2016 - NOVO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ÓXIDO DE GRAFENO À TEMPERATURA AMBIENTE Disponível em: <<http://www.confea.org.br/media/contecc2016/quimica/novo%20processo%20de%20produ%20C3%A7%C3%A3o%20de%20C3%B2xido%20de%20grafeno%20C3%A0%20temperatura%20ambiente.pdf>>

Acessado em 29 de março de 2018

Grafeno – uma revolução tecnológica disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/grafenouma-revolucao-tecnologica.htm>> Acessado em 29 de março de 2018

THUANY GARCIA MARASCHIN - PREPARAÇÃO DE ÓXIDO DE GRAFENO E ÓXIDO DE GRAFENO REDUZIDO E DISPERSÃO EM MATRIZ POLIMÉRICA BIODEGRADÁVEL disponível em : <<http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/9540/1/000481910Texto%2BCompleto-0.pdf>>

Graphene Oxide Nanosheets Could Help Bring Lithium-Metal Batteries to Market. Publicado em 17 de março de 2018. Disponível em: <<https://www.batterypoweronline.com/news/graphene-oxide-nanosheets-could-helpbring-lithium-metal-batteries-to-market/>> Acessado em 20 de março de 2018

Graphene water filter turns whisky clear publicado em 13 de Novembro de 2017. Disponível em: <<http://www.manchester.ac.uk/discover/news/graphene-water-filter-turns-whiskyclear/>> Acessado em 18 de março de 2018

J.S.F. CAMARGOS, A.O.SEMMER E S.N. SILVA - Características e aplicações do grafeno e do óxido de grafeno e as principais rotas para síntese.2017.13f. Artigo Científico. Centro Federal de Educação e Tecnologia de Minas Gerais(CEFETMG). Disponível em: <<http://docplayer.com.br/69634843-Characteristicas-eaplicacoes-do-grafeno-e-do-oxido-de-grafeno-e-as-principais-rotas-parasintese.html>>. Acessado em 18 de março de 2018.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de Custos**. São Paulo: Atlas S.a, 2003. 262 p. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39402522/contabilidade_de_custos.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1541542792&Signature=eU1BBL6oc8f%2FQI5l1uDnjlUBis%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEliseu_Martins.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2018.

PEREIRA, Sandio GRAFITE PRODUÇÃO X DEMANDA Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/700/784/00000939.pdf>> 25/09/2007 Acessado em 20 de março de 2018

Contatos:

E-mail do aluno: dimitriuschagas97@gmail.com

E-mail do orientador: maurocesar.terence@mackenzie.br