



**Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"**

MARISA HOCH DE CAMARGO

PREPARAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE SÍLICA

Assis
2011

Av. Getúlio Vargas, 1200 – Vila Santana – Assis – SP – 19807-634
Fone/Fax: (0XX18) 3302 1055 homepage: www.fema.edu.br

MARISA HOCH DE CAMARGO

PREPARAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE SÍLICA

Trabalho de conclusão de curso de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação.

Orientador: Dr. Idécio Nogueira da Silva

Área de Concentração: Química Industrial

Assis
2011

FICHA CATALOGRÁFICA

CAMARGO, Marisa Hoch

Preparação de Nanopartículas de Sílica / Marisa Hoch de Camargo. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA -- Assis, 2011.

56p.

Orientador: Idécio Nogueira da Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1. Silício. 2. Nanopartículas. 3. Nanotecnologia

CDD:660
Biblioteca da FEMA

PREPARAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE SÍLICA

MARISA HOCH DE CAMARGO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, analisado pela seguinte comissão examinadora:

Orientador: Dr. Idécio Nogueira da Silva

Analisador: Ms. Gilcelene Bruzon

Assis
2011

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em especial a minha família, esposo, filha, mãe, irmãos, na qual foram pessoas que me deram forças e lutaram junto comigo para que este sonho se tornasse realidade. Vocês fazem parte deste sonho e que o Senhor Jesus derrame sobre suas vidas o mais abundante manancial de bênçãos. AMO VOCÊS!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao Senhor Jesus, por me capacitar, pela força dada a cada dia que se passou durante esses quatro anos, pelas palavras de consolo e conforto que ministrou ao meu coração nos momentos mais difíceis que passei.

Ao meu esposo Ailton, por ter acreditado em mim e ter depositado toda a sua confiança.

A minha filha Isabelle, por ser a minha grande amiga e companheira, dedicada e que muito me auxiliou.

A toda a minha família em especial a minha mãe Geralda, pelo constante estímulo que a cada dia me concedeu; aos meus irmãos (Diego, Douglas e Daniel), pela paciência e carinho durante todos esses anos.

Aos professores (Martins, Silvia, Mary, Nilson, Gilcelene, Ébano, Cleiton, Bia, Patrícia, Márcia, Elaine, Rosangela, Campanatti, Douglas) que contribuíram de alguma maneira para o meu crescimento pessoal e profissional.

Em especial ao meu orientador prof. Idélcio, pela paciência dedicação, por ser um amigo, e não ter desistido de mim em nenhum momento, agradeço a Deus pela vida do Prof. Idélcio pela sua competência, sabedoria e entusiasmo no ensino da química, que contribuiu para que eu aprendesse mais de alguma maneira.

Pelos amigos de classe, Vanessa, Anna, Marcelo, Érick, Katty, Sidnei em especial a Juliana que sempre me auxiliou quando precisei.

Aos meus amigos que tiveram do meu lado em todos os momentos.

A todos os meus irmãos em Cristo que oraram por mim, em especial aos meus Pastores Elder e Roberta.

Muito obrigada.

Amo vocês!

Porque o Senhor Deus é sol e escudo;
o Senhor dá graça e Glória; nenhum
bem sonega aos que andam retamente
Ó Senhor dos exércitos, feliz o homem
que em ti confia.

Salmos 84: 11,12

RESUMO

Este trabalho descreve a obtenção de nanopartículas de sílica, preparadas através da hidrólise e policondensação do precursor usado o Tetraetilortosilicato (TEOS). Nanopartículas de sílica apresentam aplicabilidade em várias áreas, dentre elas na medicina; E apresenta todas as características necessárias para a aplicação industrial, podem ser produzidas em grande escala a baixo custo, com a utilização de solventes comuns. O objetivo deste trabalho foi demonstrar a obtenção das nanopartículas de sílica. Para isto foi calculado através da concentração inicial dos reagentes as soluções "A" e "B", sendo possível prever o tamanho das partículas, foram preparadas partículas de 730 nm. Foram preparadas duas soluções, a solução "A" 27 mL de NH_4OH e 63 ml de Etanol Etílico Absoluto, enquanto que a solução "B" foi 4,5 mL de Tetraetilortosilicato (TEOS) e 4,5 mL de Etanol Etílico Absoluto. A mistura das soluções resultou em um volume final de 100 mL, e $[\text{NH}_4\text{OH}]$ 4,35 M; $[\text{TEOS}]$ 0,20 M e $[\text{H}_2\text{O}]$ 9,6 M. Estas soluções foram adicionadas em um balão de três bocas, agitados por 15 segundos pelo agitador turrax, e deixado reagir por 30 minutos; pode se observar a mudança de aspecto nos primeiros minutos da reação, de límpido para leitoso, o que indicava que estavam sendo formadas as partículas de sílica. Logo após foi colocado em um frasco de plástico e guardado em geladeira. Foi obtida partículas de diâmetro de 944 nm, para a partícula preparada. Análoga à preparação das partículas foram preparadas nanopartículas de sílica de 90 nm, com concentrações e temperatura diferentes. Não foi possível a caracterização, pois o microscópio optico tem poder de resolução de 0,2 μm , o que equivale a 200 nm.

Palavras-chave: Silício; Nanopartículas; Nanotecnologia.

ABSTRACT

This paper describes the achievement of silica nanoparticles, prepared by hydrolysis and polycondensation of the precursor used Tetraetilortossilicato (TEOS). Silica nanoparticles have applicability in many areas, including medicine; It presents all the characteristics necessary for industrial, can be produced on a large scale at low cost with the use of common solvents. The objective of this study was to demonstrate the achievement of silica nanoparticles. For this was calculated using the initial concentration of the reagent solutions "A" and "B", is possible to predict the particle size, particles were prepared from 730 nm. We prepared two solutions, the solution "A" NH₄OH 27 mL of ethanol and 63 ml of absolute ethyl, while the solution "B" was 4.5 mL Tetraetilortossilicato (TEOS) and 4.5 mL of ethanol absolute ethyl. The mixture of the solutions resulted in a final volume of 100 mL, and [NH₄OH] 4.35 M; [TEOS] 0.20 M and [H₂O] 9.6 M. These solutions were added in a balloon three mouths, agitated for 15 seconds by Turrax stirrer, and left to react for 30 minutes; can observe the change of appearance in the first minutes of reaction, from milky to clear, indicating that the particles were being formed silica. Soon after it was placed in a plastic bottle and stored in the refrigerator. We obtained particle diameter of 944 nm, prepared for the particle. Analogous to the preparation of the particles were prepared silica nanoparticles of 90 nm with different concentrations and temperature. It was not possible to characterize, because the optical microscope has a resolving power of 0.2 mM, equivalent to 200 nm.

Keywords: Silicon, Nanoparticles, Nanotechnology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Silício.....	16
Figura 2	– Estrutura Cristalina do Silício.....	18
Figura 3	– Dióxido de Silício.....	19
Figura 4	– Estrutura Química do Dióxido de Silício.....	19
Figura 5	– Ligações dos átomos no silício amorfo.....	21
Figura 6	– Estrutura molecular do TEOS.....	22
Figura 7	– Nanopartículas de formato esférico.....	27
Figura 8	– Nanopartículas de formato elipsoidaes.....	27
Figura 9	– Nanopartículas de formato piramidais.....	28
Figura 10	– Nanopartículas de formato cúbicas.....	28
Figura 11	– Microfotografia eletrônica de transmissão de partículas de sílica (diâmetro 55+/- 3,5 nm).....	29
Figura 12	– Reação de formação do silício.....	33
Figura 13	– Reação de formação do cloreto de magnésio.....	33
Figura 14	– Reação de formação do silício.....	39
Figura 15	– Reação de formação do silano.....	39
Figura 16	– Reação explosiva.....	40
Figura 17	– Reação de formação do cloreto de magnésio.....	40
Figura 18	– Silício em pó obtido.....	40
Figura 19	– Esquema para obtenção do SiCl ₄	41
Figura 20	– Reação de formação do cloro.....	41
Figura 21	– Reação de formação do SiCl ₄	42
Figura 22	– Tetracloreto de silício.....	43

Figura 23	– Esquema para produção das partículas de sílica.....	44
Figura 24	– (A) Imagem do líquido límpido, (B) imagem do líquido leitoso.	46
Figura 25	– (A) Reação de hidrólise do tetraetilortosilicato (TEOS), (B) Reação de condensação e formação da sílica.....	47
Figura 26	– Partículas de sílica diâmetro de 944 nm	49

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
2.	SILÍCIO	16
2.1	PROPRIEDADES DO SILÍCIO.....	17
2.2	O DIÓXIDO DE SILÍCIO.....	18
2.3	SÍLICA GEL.....	20
2.4	ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O TETRAETILORTOSILICATO (TEOS).....	22
3.	ASPECTOS GERAIS DA NANOTECNOLOGIA.....	24
4.	OS BENEFÍCIOS DAS NANOPARTÍCULAS E SUAS APLICAÇÕES DE UMA FORMA EM GERAL.....	26
5.	NANOPARTÍCULAS DE SÍLICA	27
5.1	APLICAÇÕES DE NANOPARTÍCULAS DE SÍLICA.....	29
6.	SILÍCIO, UM TEMA MUITO IMPORTANTE PARA SER ABORDADO NO ENSINO DA QUÍMICA.....	31
6.1	MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
6.1.1	Materiais.....	32
6.6.2	Métodos.....	32
6.6.2.1	Reação de formação do silício.....	32
6.6.2.2	Reação de formação do cloreto de magnésio.....	33
7.	METODOLOGIA.....	34
7.1	MATERIAIS E REAGENTES.....	34
7.2	MÉTODOS.....	35
7.2.1	Obtenção do silício.....	35
7.2.2	Obtenção do tetracloreto de silício.....	36
7.2.3	Obtenção do tetraetilortosilicato (TEOS).....	37
7.2.4	Preparação das partículas monodispersas de sílica.....	37
7.2.5	Preparação das nanopartículas monodispersas de sílica.....	38

7.2.6	Cálculo para obtenção do diâmetro das partículas de sílica.....	38
8.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
8.1	OBTENÇÃO DO SILÍCIO.....	39
8.2	OBTENÇÃO DO TETRACLORETO DE SILÍCIO.....	41
8.3	OBTENÇÃO DAS PARTÍCULAS DE SÍLICA.....	43
8.4	OBTENÇÃO DAS NANOPARTÍCULAS DE SÍLICA.....	49
9.	CONCLUSÃO.....	51
	REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

O silício é um dos elementos que existe em maior quantidade na crosta terrestre. Os silicatos correspondem a 60% de todo o silício presente na terra (PRADO, 2005). A sílica, SiO_2 , é uma rede sólida e dura, insolúvel em água. Ela tem coloração marrom dourada pelas impurezas do óxido de ferro (ATKINS, 2006).

O dióxido de silício (sílica) é uma das substâncias mais encontradas na vida cotidiana e na fabricação de vários produtos eletrônicos usado no dia a dia. O dióxido de silício cristalino existe em várias formas: quartzo, tridimita, cristobalita, sendo um componente importante de uma grande quantidade de minerais. O SiO_2 é formado por fortes ligações covalentes: quatro átomos de oxigênio estão dispostos nos cantos de um tetraedro em torno de um átomo central de silício (SILICON DIOXIDE IN FOOD-BUZZLE, 2011).

A sílica pode ser transformada em nanopartículas que são partículas de tamanho de 1 a 100 nanômetros (PRAETORIUS, 2007) e apresentam aplicações em medicina, cerâmica, pigmentos, emulsões fotográficas e catalisadores (GIESCHE (I), 1994). Atualmente na ciência, tem sido dada uma atenção especial à utilização das nanopartículas nas áreas biológicas e estudos nas áreas de saúde devido a sua biocompatibilidade (FERREIRA, 2009).

Segundo Filho (a) (2007), existe uma estimativa de que daqui a 10 anos os conceitos da Nanociência estarão introduzidos em mais da metade de todos os produtos químicos e farmacêuticos.

O método de síntese de Stöber é utilizado para obtenção de sílica monodispersa, consiste na hidrólise do tetraetilortosilicato (TEOS), tendo amônia como catalisador (GIESCHE (II), 1994).

A partir da concentração inicial dos reagentes é possível prever o tamanho final das nanopartículas de sílica (GIESCHE (II), 1994).

As nanopartículas de sílica apresentam todas as características necessárias para a aplicação industrial, podem ser produzidas em grande escala a baixo custo, com a

utilização de solventes comuns. Após a produção das nanopartículas de sílica é necessário que se faça um estudo para sua modificação superficial, para adequá-las numa determinada reação. Com a modificação superficial da sílica, obtêm-se compostos com maior versatilidade e com propriedades específicas relacionada às espécies ligada as suas superfícies (PRADO; FARIA 2005).

São de grande importância as modificações na superfície das nanopartículas, pois ampliará suas aplicações como catalisadores, com potencial uso na indústria química e farmacêutica (SANTOS; FIALHO, 2007).

O objetivo deste trabalho foi produzir nanopartículas monodispersas de sílica a partir do silício.

2. SILÍCIO

O silício, de sílex ou silicis, que significa “pedra dura” (PEIXOTO, 2001) é um dos elementos que existe em maior quantidade na crosta terrestre (PRADO, 2005). A figura 1 apresenta uma imagem representativa do elemento silício.



Figura 1 – Silício (In: ACENDEOUNAO, 2011).

Na natureza o silício só ocorre combinado, é encontrado em todas as rochas (PEIXOTO, 2001), e em grandes quantidades (ATKINS, 2006), nas areias, barros e solos; Combinado com oxigênio e outros elementos como alumínio, magnésio, cálcio, sódio, potássio ou ferro forma silicatos, quando combinado com o oxigênio forma a sílica SiO_2 (PEIXOTO, 2001).

O silício elementar foi preparado, no ano de 1824 pelo médico Jons Jakob Berzelius, pela reação do tetrafluoreto de silício na presença de potássio aquecido (PEIXOTO, 2001). Berzelius conseguiu um produto puro, resultante de filtrações prolongadas (PEREIRA, 2009).

O silício também pode ser preparado reagindo dióxido de silício com magnésio metálico ou com carvão. O silício preparado em grande escala industrial, é obtido

pela reação do dióxido com o coque. Para a fabricação de semicondutores para uso em equipamentos eletrônicos o silício é requerido ultra puro, a preparação é feita pela decomposição de silano (SiH_4), ou de tetraletos de silício a altas temperaturas (PEIXOTO, 2001).

Como este trabalho tem por finalidade a preparação de nanopartículas de sílica, o objetivo era de continuar o trabalho de conclusão de curso de Alexandre Luiz Pereira, 2009, no qual foi extraída a metodologia para a obtenção do silício, que tinha como objetivo a obtenção de sílica gel e silício a partir da areia.

O silício tem grande importância na indústria eletrônica como semicondutor. Devido a sua estrutura eletrônica ser muito característica o silício passa por uma dopagem, que é um processo onde este é adicionado a outros elementos, como Boro, Fósforo e Arsênio com intuito de alterar suas características de condução elétrica. Este processo forma materiais semicondutores, que são os materiais para a construção de chips de computadores, transistores, diodos de silício, interruptores especiais e muitos outros componentes de circuitos eletrônicos. O silício é muito usado na indústria metalúrgica como agente redutor e na produção de ligas de aços, latões e bronzes (PEIXOTO, 2001).

2.1 PROPRIEDADES DO SILÍCIO

O silício é um sólido duro de cor cinza escuro, sua estrutura cristalina é semelhante à do diamante (PEIXOTO, 2001), (figura 2) e pardo na forma amorfa, seu símbolo químico é Si, é um elemento não metálico, possui estado de oxidação +4 e pode ser denominado material semicondutor (LIRA, 2011).

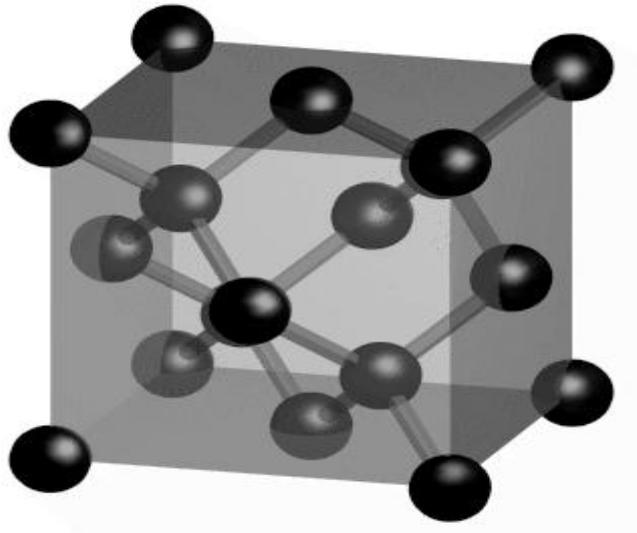


Figura 2- Estrutura Cristalina do Silício (In: LAS, 2011).

2.2 O DIÓXIDO DE SILÍCIO

O dióxido de silício (figura 3) é uma rede sólida e dura, insolúvel em água. Ela ocorre naturalmente como quartzo e como areia que é formada por pequenos fragmentos de quartzo, sendo normalmente colorida de marrom dourado pelas impurezas de óxido de ferro. O dióxido de silício cuja fórmula é SiO_2 é encontrado de uma forma bem abundante na crosta terrestre, a areia ou o quartzo são as duas formas mais comuns de sílica (ATKINS, 2006).



Figura 3 – Dióxido de Silício (In: DATUPINION, 2011).

O SiO_2 é formado por ligações covalentes fortes, e tem uma estrutura definida local: quatro átomos de oxigênio estão dispostos nos cantos de um tetraedro em torno de um átomo de silício central, como mostra a figura 4.

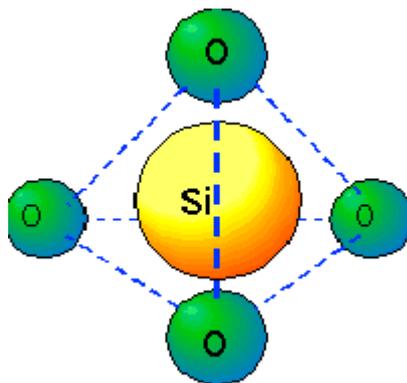


Figura 4 – Estrutura química do dióxido de silício (In: CHEMWIKI, 2011)

O dióxido de silício é um dos minerais que tem uma infinidade de usos e aplicações, o que faz com que ele seja um mineral de grande importância para os seres humanos. O dióxido de silício é encontrado em eletrônicos, na fabricação de cabos

de fibra óptica, isolamentos de fios e semicondutores, como isolantes de fios por ter um alto ponto de fusão. O SiO_2 também apresenta propriedades piezoelétricas, ou seja, a capacidade de converter energia mecânica em energia elétrica, devido a esta propriedade, ele é usado em estações de rádio e televisão para transmitir e receber sinais de uma forma adequada. Em vidros, quando SiO_2 é misturado com soda e óxido de boro, esta mistura é resultante de um copo que é resistente ao choque térmico; Um dos importantes usos do dióxido de silício é na fabricação do cimento Portland, que é um pó fino e um componente importante do concreto (SILICON DIOXIDE IN FOOD-BUZZLE, 2011).

2.3 SÍLICA GEL

A sílica é um polímero inorgânico que possui agregados em sua estrutura interior grupos siloxanos (Si-O-Si), e em sua superfície grupos silanóis (Si-OH) (ALBERTI, 2009), como mostra a figura 5.

A presença de grupos silanóis em sua superfície permite sua modificação química a fim de produzir novos materiais, com varias aplicações tecnológicas diversas (PRADO, 2005).

A sílica pode ser cristalina ou amorfa, o quartzo é um exemplo de sua forma cristalina, enquanto a sílica gel de sua forma amorfa (PRADO, 2005).

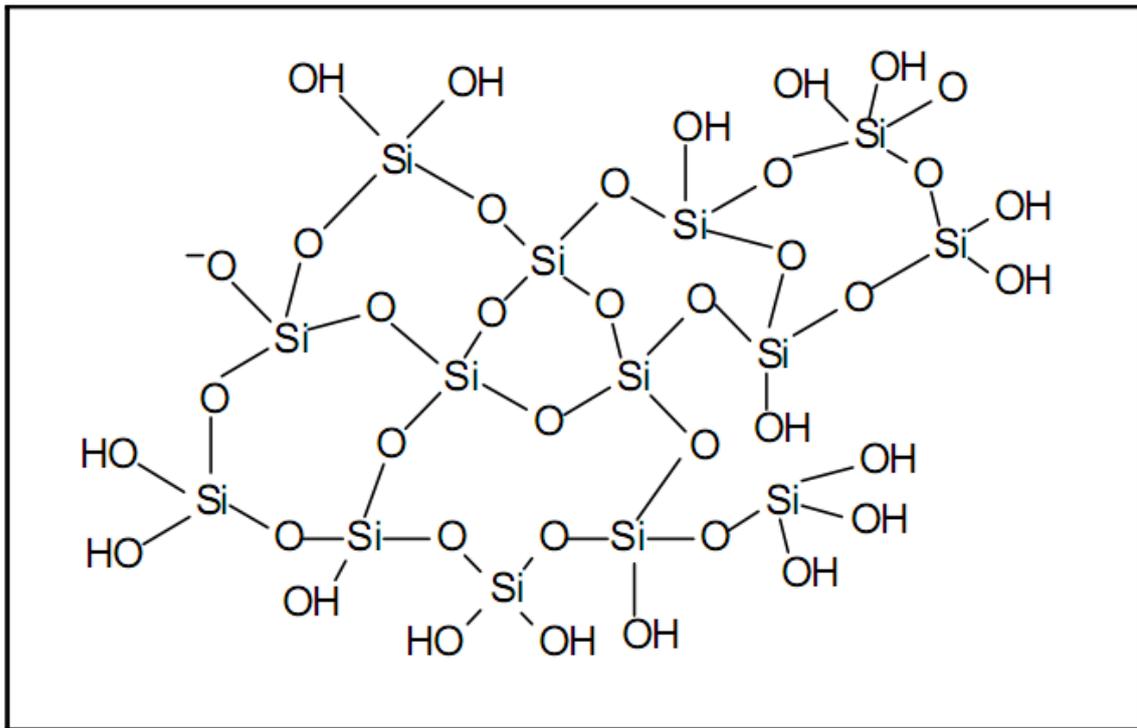


Figura 5 – Ligação dos átomos na sílica amorfa (In: ALBERTI, 2009).

A sílica, juntamente com outros elementos, produz vários produtos, como os vidros, janelas, garrafas etc., misturando-a com carbonato de sódio e a cal, e junto com óxido de boro produz vidros resistentes à alta temperatura e choques térmicos, esses vidros são os pirex, comercialmente conhecidos (PEREIRA, 2009).

A sílica gel é normalmente utilizada como dessecante, com a finalidade de evitar que a umidade do ar não reaja com o produto, exemplos disso é em medicamentos, ela é encontrada nos comércios em geral em sachês (PEREIRA, 2009).

2.4 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O TETRAETILORTOSILICATO (TEOS)

Em 1846, Ebelman foi quem sintetizou o primeiro alcóxido metálico a partir o SiCl_4 e álcool, o Tetraetilortosilicato (TEOS) (figura 6) o produto da reação se converte em um gel vítreo imerso em um meio aquoso, esta conversão é devido à reação de hidrólise provocada pela água presente na atmosfera, esse processo recebeu o nome de “Processo Sol Gel” (PORTELLA, 2008).

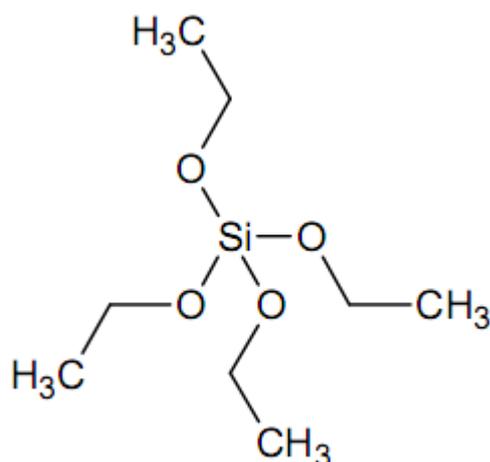


Figura 6 – Estrutura Molecular do TEOS (In: FERREIRA, 2009).

“Sol” significa dispersões de partículas coloidais em um líquido (diâmetro de 1 a 100 nm), e “Gel”, é um sistema formado pela estrutura rígida de partículas coloidais ou de cadeias poliméricas (gel polimérico) que imobiliza a fase líquida nos seus interstícios (ALBERTI, 2009).

O processo sol gel apresenta algumas particularidades e vantagens na obtenção de materiais, segundo Franken et al. (2002) o processo sol gel apresenta uma versatilidade na obtenção de materiais com propriedades físico-químicas distintas, dentre elas estão: a área superficial, tamanho e forma de partículas, tamanho de poros, grau de incorporação orgânica, tendo

como vantagem o baixo custo e a simplicidade nos procedimentos experimentais. Segundo Albert (2009), uma das vantagens de se utilizar este processo para a obtenção da sílica é a possibilidade de interferência no sistema através da metodologia de Stöber, utilizando amônia como catalisador para a reação de hidrólise do Tetraetilortosilicato (TEOS), e a proporção de água e álcool permite controlar a morfologia e o tamanho das partículas; Pensando em vista da imobilização de catalisadores, o uso de sílica sendo obtida pelo processo sol gel contribui ao catalisador um suporte rígido que inibe interações indesejáveis e a formação de dímeros.

Albert (2009) em sua pesquisa ressalta que o tamanho das partículas esféricas de sílica é devido a vários fatores como a concentração de água e amônia, tipo de alcóxido de silício, no caso o mais usado e que se obtêm bons resultados seria o Tetraetilortosilicato (TEOS) e a temperatura.

3. ASPECTOS GERAIS DA NANOTECNOLOGIA

A nanotecnologia está presente na natureza a milhares de anos. Pode ser observado na história, que há aproximadamente 4000 anos a.C., os alquimistas egípcios já faziam uso do “elixir de ouro”, que era constituído por partículas de ouro com tamanho da ordem de 1-100 nm, para estimular a mente e restaurar a juventude; Os chineses já aplicavam a nanotecnologia, ao utilizar nanopartículas de carvão em solução aquosa para produzir a tinta nanquim (FERREIRA; RANGEL, 2009).

Na década de 50 o físico americano Richard Feynman, foi quem sugeriu a construção e a manipulação, átomo a átomo, de objetos em escala manométrica (FERREIRA; RANGEL, 2009), ou seja, as primeiras ideias acerca do tema miniaturização foram apresentadas por Feynman (RIBOLDI, 2009). O termo nanotecnologia foi introduzido pelo engenheiro japonês Norio Taniguchi em 1974 para indicar uma nova tecnologia que ia além de controle de materiais e da engenharia em microescala (FERREIRA; RANGEL, 2009), (RIBOLDI, 2009).

Segundo Riboldi (2009), a nanotecnologia se fundamenta no desenvolvimento de técnicas e de ferramentas adequadas para o posicionamento de átomos e moléculas em locais previamente estabelecidos, para se obter estruturas e materiais de interesse.

Nos últimos anos o desenvolvimento de materiais nanoestruturado teve um impulso nas áreas da ciência. Metais de transição nanoestruturados suportados com propriedades magnéticas e catalíticas vêm sendo estudados. Devido a vários fatores na produção de nanopartículas, métodos de síntese devem ser desenvolvidos para possibilitar a obtenção de partículas nanométricas, com pouca aglomeração e pequena faixa de distribuição de tamanho (NEFTALÍ et al., 2002).

Segundo Filho (2011) o impacto da nanotecnologia em diversos setores da economia será o equivalente ao impacto combinado das revoluções estabelecidas pela microeletrônica, computação e fabricação dos polímeros no século XX. A

estimativa dos especialistas é que irá se observar mais mudanças na civilização nos próximos 30 anos induzida pela nanotecnologia.

Já estão sendo comercializados 800 produtos no mercado, sendo alguns deles tecidos que não molham e são ultra resistentes, materiais mais resistentes e mais leves para aplicações em automóveis e aeronaves, cosméticos, formulações farmacêuticas etc; (FILHO, 2011). Entre outros materiais nanoestruturados como, dióxido de titânio, ouro, prata e cobre que, adicionados aos plásticos, tintas e outros materiais, tem seu desempenho melhorado (FERREIRA; RANGEL, 2009).

Como as pesquisas estão cada vez mais avançadas e novas descobertas estão sendo feitas, quem irá se beneficiar com esses produtos são os consumidores, pois outros produtos como veículos de transporte de drogas no corpo humano e nanotubos de carbono, estão previstos para a comercialização (FERREIRA; RANGEL, 2009).

Segundo Riboldi (2009), materiais nano-estruturados como o nano-aço poderão ser mais fortes e resistentes, até mais leves que o aço de hoje; Podendo ainda ser construído aeronaves, navios, submarinos e veículos terrestres de elevado tamanho e potência, com ultra-alta resistência e leveza.

4. OS BENEFÍCIOS DAS NANOPARTÍCULAS E SUAS APLICAÇÕES DE UMA FORMA EM GERAL

Atualmente tem sido demonstrado muito interesse em pesquisas dentro da nanotecnologia, devido aos benefícios que esses produtos pesquisados podem oferecer. Encontramos em revistas científicas, sites, jornais a importância de se pesquisar e produzir estes produtos.

Pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia estão presentes em várias áreas, como a Física, Química, Biologia, Engenharia de Materiais, Eletrônica e Medicina (RIBOLDI, 2009).

Segundo Schlesinger (2011), nanopartículas estão entre as principais promessas da medicina e da tecnologia, ele ainda aponta que são capazes de atuar de diferentes maneiras conforme sua posição tamanho e formato. Podendo chegar a lugares onde outras drogas não conseguem e mostrar propriedades para o estudo macro e microscópico.

Produtos gerados pela nanotecnologia já estão no mercado, como a resina para restauração de dentes, que apresentam os benefícios de serem mais resistentes. Tintas solúveis em água, que recebem uma quantidade de nanopartículas de fosfato de alumínio, apresentando um benefício de terem uma durabilidade maior e um maior brilho (FILHO (b), 2007).

Segundo Guerra (2011), pesquisadores Chilenos criaram nanopartículas que identificam células cancerígenas, e que podem no futuro tornar mais efetivo o diagnóstico precoce da doença, sendo constatado ainda que uma de suas potenciais aplicações seja sobre o câncer de mama.

Segundo Ferreira (2009), está sendo utilizadas nanopartículas em ensaios biológicos, devido a sua biocompatibilidade, dentre as aplicações estão o transporte de moléculas de DNA e a liberação controlada de proteína em sílica mesopora sob condições fisiológicas.

5. NANOPARTÍCULAS DE SÍLICA

Nanopartículas são partículas de tamanho de 1 a 100 nanômetros (PRAETORIUS; MANDAI, 2007).

Segundo Filho (2011), nanopartículas são pequenos aglomerados de átomos organizados ou não podendo ter formatos variados, mas nenhum dos tamanhos prevalece sobre os demais. Os formatos podem ser esféricos (figura 7), elipsoidais (figura 8), piramidais (figura 9), cúbicas (figura 10) etc.

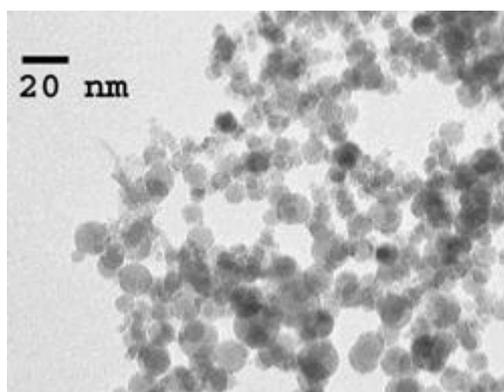


Figura 7 – Nanopartículas de formato Esféricas (In: LABORDENTAL, 2011).

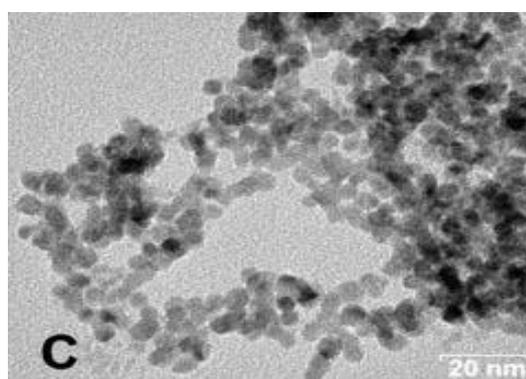


Figura 8 – Nanopartículas de formato Elipsoidais (In: WEB, 2011).

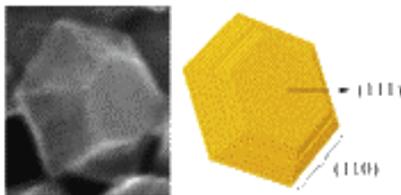


Figura 9 – Nanopartículas de formato Piramidais (In: GALIA, 2011).

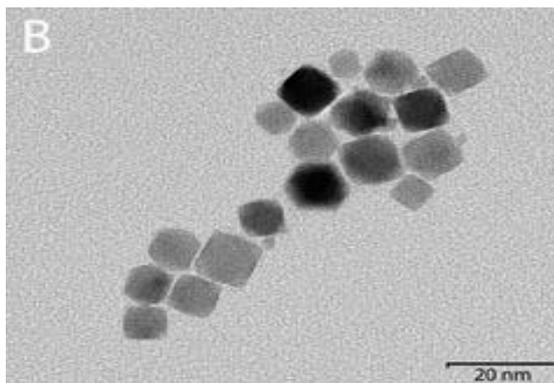


Figura 10 – Nanopartículas de formato cubicas (In: WEB, 2011).

Nanopartículas esféricas nanométricas podem ser obtidas pelo método de Stöber, na qual ocorre a hidrólise em seguida de policondensação de precursores silicatos (FERREIRA, 2009), na qual o precursor usado neste trabalho é o tetraetilortosilicato.

As nanopartículas de sílica apresentam todas as características necessárias para a aplicação industrial, podem ser produzidas em grande escala a baixo custo, com a utilização de solventes comuns. Após a produção das nanopartículas de sílica é necessário que se faça um estudo para sua modificação superficial, para adequá-las numa determinada reação. Com a modificação superficial da sílica, obtêm-se compostos com maior versatilidade e com propriedades específicas relacionada às espécies ligada as suas superfícies (PRADO, 2005).

Além disso, em condições controladas, são obtidas nanopartículas de sílica praticamente monodispersas, como mostra a figura 11.

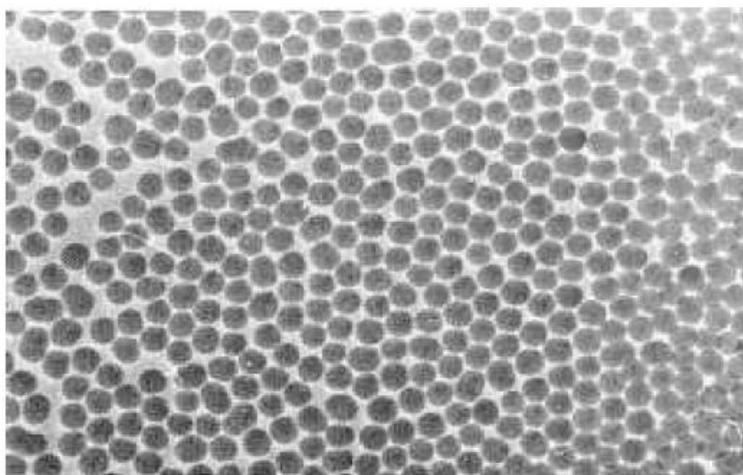


Figura 11 – microfotografia eletrônica de transmissão de partículas de sílica (diâmetro $55 \pm 3,5$ nm) obtidas por crescimento controlado (GIESCHE (I), 1994).

5.1 APLICAÇÕES DE NANOPARTÍCULAS DE SÍLICA

Hoje com os recursos tecnológicos, estudos com aplicação de nanopartículas estão sendo desenvolvido em diversas áreas, por pesquisadores de diversas universidades, uma delas é na área da medicina, que é um grande avanço que contribui para o bem estar da sociedade.

Foi constatado na revista *Isaúde* (2010), que nanopartículas de sílica mesopora, partículas minúsculas com milhares de poros, são utilizados em tratamento quimioterápicos de câncer. Utilizando modelos de ratos, os pesquisadores da Universidade da Califórnia (UCLA) demonstraram que as nanopartículas podem armazenar e liberar medicamentos quimioterápicos in vivo, eficazes na supressão de tumores em camundongos. Os estudos também mostraram que as nanopartículas de sílica mesopora se acumulam, quase exclusivamente, sobre os tumores logo após a administração do tratamento e que as nanopartículas são excretadas depois de entregarem o quimioterápico. O tratamento com as nanopartículas seria interessante, devido à toxicidade de a nanopartícula ser insignificante a longo prazo já que são excretadas em quatro dias. Apesar de serem ainda testes, os resultados

segundo a revista foram otimistas, pois até o final do tratamento os ratos estavam livres dos tumores.

Nanopartículas de sílica compostas por um núcleo magnético e uma camada de sílica contendo azul de metileno, ainda em estudos, também são aplicados em terapia fotodinâmica no tratamento contra o câncer. Após a irradiação, moléculas fotosensibilizadoras geram espécies reativas de oxigênio singlete causando danos aos tecidos doentes. A terapia fotodinâmica tem a vantagem de somente reagir nos tecidos doentes, pois a localização das moléculas de fotosensibilizador pelos núcleos magnéticos diminui a geração de compostos citotóxicos ao redor de tecidos que não foram atingidos pela doença (FERREIRA, 2009).

Nanopartículas de sílica coloidal são aplicados em sistema de retenção em máquina de papel. Segundo a Ekachemicals do Brasil (2011), que trabalha com produtos químicos para branqueamento de celulose e aditivos para a fabricação de papel; Este sistema de retenção é baseado na aplicação de nanopartículas de sílica coloidal para aumentar a retenção e a drenagem na máquina de papel. A dispersão coloidal de sílica com alta densidade de carga e elevada área superficial, para aplicação em máquinas de papel, proporciona muitos benefícios entre eles o aumento da drenagem, melhor formação, economia de vapor e melhor custo de produção com maior produtividade. Este sistema é chamado de Compozil Select.

As nanopartículas de sílica também são aplicadas em produtos de limpeza, segundo a revista H&C, 2011, a Total Química, lançou produtos de limpadores domésticos com nanotecnologia. Produtos com um tensoativo não iônico e nanopartículas de sílica, esta mistura promove uma limpeza em superfícies fixas, criando uma camada de repelência. Além disso, a nanopartícula de sílica promove alterações nas características das áreas onde o produto é aplicado, que ocorre em função do efeito de deposição das nanopartículas nas superfícies. Além disso, a tecnologia tem baixa toxicidade e é biodegradável (MENDONÇA, 2009).

6. SILÍCIO, UM TEMA MUITO IMPORTANTE PARA SER ABORDADO NO ENSINO DA QUÍMICA

A química é uma ciência completamente ligada à vida, os materiais provêm da natureza, e após serem processados quimicamente retornam para interagir com ela. A natureza se move através de processos de equilíbrios químicos, produzindo uma infinidade de substâncias químicas, a palavra “tudo é química”, não é um conjunto de regras, mas a constatação da importância desse ramo do conhecimento humano (VANIN, 1994).

O elemento silício pode ser facilmente abordado em sala de aula, em dois níveis, primeiro a teoria, onde o professor utiliza seu conteúdo definido como um conjunto de valores, habilidades e atitudes, para assim garantir o desenvolvimento e a socialização do estudante (GRIGULL, 2008 *apud*, PINTO, 2010), conteúdo este que de uma forma em geral está envolvido no cotidiano dos alunos. O professor assim pode demonstrar as propriedades em geral do silício, suas aplicações e sua importância no meio social; E o segundo nível seria a prática.

No experimento o professor pode fixar os conhecimentos que foram ensinados em sala de aula, como por exemplo; termodinâmica, solubilidade, oxido-redução e ainda a estequiometria.

Segundo Moreia et al. (2010), o processo de ensino e aprendizagem em química não deve ser desenvolvido somente de uma forma teórica, mas sim de uma forma prática também, sempre fazendo com que haja uma ligação, entre a prática e a teoria, entre a escola e a vida. E ainda ressalta que se não houver a união entre os dois tipos de atividades, os conteúdos não serão salientes à formação do aluno.

O objetivo deste trabalho é demonstrar quimicamente o processo de obtenção do silício (PEREIRA, 2009), uma reação de redução da sílica gel pelo magnésio, uma vez, para que ocorra tal reação é necessário o uso de um laboratório químico, enfatizando que no ensino da química, é de grande importância que se alie os conhecimentos tanto teóricos como práticos.

Para que ocorra a aula prática é necessário um laboratório químico, devido à manipulação do bico de Bunsen e da solução do ácido clorídrico, que requer um devido cuidado, e pela segurança dos alunos.

6.1 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1.1 Materiais

Magnésio em raspas, Ácido clorídrico a 25%, Sílica Gel comercial, Tubo de ensaio, Garra, Suporte universal, Bico de Bunsen, Funil de vidro, Papel de filtro quantitativo.

6.1.2 Métodos

Serão misturados 1,00 g de sílica gel com 1,40 g de magnésio em pó num almofariz. A mistura será transferida para um tubo de ensaio e aquecida em um bico de Bunsen até o início de ignição, para ativar a reação de redução do silício. Após a reação o tubo de ensaio será quebrado e o produto raspado e transferido aos poucos para um béquer contendo ácido clorídrico 25% e em seguida a mistura reacional deverá ser aquecida por alguns minutos. Após resfriamento o silício sólido será filtrado do meio reacional e seco em temperatura ambiente.

Para a explicação das reações envolvidas, o professor deve chamar a atenção do aluno em cada parte do experimento.

6.1.2.1 Reação de formação do silício

Deve ser lembrado que é uma reação que precisa de calor para ocorrer, que é uma reação exotérmica, sobre a solubilidade do cloreto de magnésio que é solúvel em água.

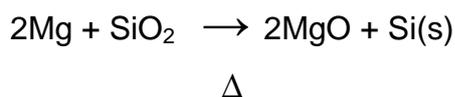


Figura 12 – Reação de formação do Silício

Deve ser lembrado que é uma reação que precisa de calor para ocorrer, reação exotérmica, sobre a solubilidade do cloreto de magnésio.

6.1.2.2 Reação de formação do cloreto de magnésio

O objetivo da acidificação é de eliminar todo o óxido de magnésio formado, já que o cloreto de magnésio é solúvel em água, e o silício não reage com o ácido clorídrico, restando assim somente à parte sólida que é o silício.

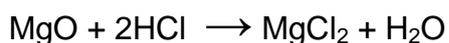


Figura 13 - Reação de formação do cloreto de magnésio

Após o experimento é necessário que o professor aplique um questionário, para que seja direcionada a elaboração de um relatório (PRADO, 2005).

7. MATERIAIS E MÉTODOS

7.1 MATERIAIS E REAGENTES

- Papel de Filtro quantitativo Quanty – (J. Prolab)
- Espátula
- Magnésio em raspas (Didática Center)
- Hidróxido de Amônio (Synth)
- Cloreto de Sódio (Synth)
- Hipoclorito de Sódio (Synth)
- Carbonato de Sódio (Synth)
- Ácido clorídrico 37% (Synth)
- Tetraetilortossilicato TEOS (Aldrich Sigma)
- Balança analítica (Tecnal AG200)
- Agitador Polytron System PT 2100 Ultra-Turrax
- Microscópio Option 2005-B modelo Axiostar Zeiss
- Álcool Etílico Absoluto PA (Dinâmica)
- Hidróxido de Amônio 29% (Synth)
- Lamínulas Glass Técnica
- Lamina (Bioslide)
- Óleo de Imersão Microscopy Merck
- Pipeta Pauster
- Termômetro 100°C (Incoterm)
- Becker 250, 500, 1000, 2000 mL (Satelit)

- Barra Magnética
- Proveta 10, 100 mL (vidrolabor)
- Balão de duas e três bocas de 250 mL (Amitel)
- Suporte Universal
- Bico de Bunsen
- Tela de amianto
- Conexão de vidro
- Sílica Gel
- Gelo
- Água destilada
- Tubo de Ensaio 15 cm (Pirex)
- Estufa (Tecnal)
- Pipetas graduadas 2, 5, 10 mL
- Pera de segurança J. Prolab
- Termômetro 100° C (Incoterm)
- Agitador de Tubos (Phoenix)
- Régua Milimétrica Comum

7.2 MÉTODOS

7.2.1 Obtenção do silício

Misturou-se 1,00g de sílica gel com 1,40g de magnésio previamente triturado a pó em um almofariz.

A mistura foi aquecida em um bico de bunsen para ativar a reação de redução do silício. Devido ao impacto da reação o tubo de ensaio ficou trincado, por isso a mistura foi retirada com a quebra do tubo de ensaio, e colocado aos poucos a solução de HCl 25%. Após ser transferida toda a mistura reacional, a mistura com o HCl foi aquecida em um bico de bunsen por alguns minutos e filtrada após resfriamento em papel de filtro comum.

7.2.2 Obtenção do tetracloreto de silício

O SiCl_4 foi preparado através da reação do silício com o cloro.

Pesou-se 1,00g de silício em pó, 5,00g de KmnO_4 , e mediu-se 40 mL de HCl em uma proveta.

O silício foi colocado em uma placa de cobre dentro de um tubo de quartzo aproximadamente de 30 cm. Este tubo foi acoplado em uma mangueira de silicone contendo sílica gel para absorção de eventual umidade, e esta mangueira acoplada em um kitassato onde continha o KmnO_4 , e acoplado no kitassato estava o funil contendo o HCl.

Na saída do tubo onde era recebido o SiCl_4 foi inserida uma mangueira de silicone acoplada em um balão de duas bocas, e continha dentro de um becker de um litro contendo água e gelo para que a temperatura do meio reacional estivesse aproximadamente a 20°C ; Na outra saída do balão foi acoplado o condensador do tipo bola.

O tubo de quartzo foi aquecido por 30 minutos para atingir a temperatura ideal da reação, e logo foi iniciada a passagem do cloro seco.

7.2.3 Obtenção do tetraetilortosilicato (TEOS)

O Tetraetilortosilicato (TEOS) seria preparado através da reação do tetracloreto de silício com etanol anidro benzeno contendo piridina como catalisador (BRAUER, 1963).

Pesaria-se 400g de etanol anidro, previamente seco em Ca e CaO, transferindo para um balão redondo de três bocas colocando-o no banho de água gelada. Seria transferido gota a gota 330g de tetracloreto de silício. O tetracloreto seria separado do meio reacional por decantação.

Visto que o objetivo deste trabalho é a produção de nanopartículas de sílica, e a quantidade adquirida de SiCl_4 foi de +/- 2 ml, e no experimento seria usado 330 g, para a obtenção do tetraetilortosilicato (TEOS), optou-se adquirir o produto comercial, sendo que seria difícil a obtenção em grande escala e sua purificação.

7.2.4 Preparação das partículas monodispersas de sílica

Foram preparadas duas soluções, a solução "A" 27 mL de NH_4OH e 63 ml de Etanol Etilico Absoluto, na solução "B" 4,5 mL de Tetraetilortosilicato (TEOS) e 4,5 mL de Etanol Etilico Absoluto.

O Álcool Etilico Absoluto e a solução de NH_4OH foram medidos em uma proveta de 100 mL, enquanto o Tetraetilortosilicato foi medido em uma pipeta de 5 mL.

Primeiramente foi colocada a mistura "A" no balão de três bocas; Logo em seguida foi colocado a solução de Tetraetilortosilicato (TEOS) em um tubo de ensaio junto com o Etanol Etilico e foram agitados por 5 segundos em um agitador de tubos, após foi colocado esta solução "B" imediatamente no balão de três bocas; As misturas "A" e "B" foram agitadas pelo agitador "turrax" por 15 segundos, e logo após os 15 segundos de agitação foi deixado reagir por 30 minutos. O experimento foi realizado em uma temperatura de 20° C.

Após os 30 minutos a solução foi colocada em um frasco de plástico e guardada na geladeira por três semanas.

7.2.5 Preparação das nanopartículas monodispersas de sílica

Análogo à preparação das partículas de sílica, foram preparadas nanopartículas de sílica com diâmetro de 90 nm.

Foram preparadas duas soluções, a solução “A” 7,37 mL de NH_4OH e 88,13 mL de Etanol Etílico Absoluto, na solução “B” 2,25 mL de Tetraetilortosilicato (TEOS) e 2,25 mL de Álcool Etílico Absoluto.

O experimento foi realizado em uma temperatura de 60°C .

7.2.6 Cálculo para obtenção do diâmetro das Partículas de Sílica

A medida do diâmetro da partícula foi efetuada utilizando microscopia óptica com aumento A_1 de 50X, e medida do diâmetro D_1 do campo visual com uma régua milimétrica.

Para medir o diâmetro da partícula foi calculado o diâmetro do campo visual D_2 no aumento A_2 de 400X de acordo com a form. **(1)**.

$$A_1 \times D_1 = A_2 \times D_2 \quad (1)$$

Uma foto da imagem das partículas foi aumentada e o campo visual D_2 foi relacionado com o diâmetro de sua imagem em cm. Uma proporção entre o diâmetro do campo visual e o da partícula fornece o diâmetro da partícula.

8 RESULTADOS E DISCUSSÃO

8.1 OBTENÇÃO DO SILÍCIO

O silício foi obtido através da reação de redução da sílica pelo magnésio. Para tal, foi misturado 1,00 g de SiO₂, obtido anteriormente pelo trabalho de Pereira (2009), com 1.40 g de magnésio em pó em excesso para um tubo de ensaio. A mistura foi aquecida em um bico de bunsen, para ativar a reação de redução de silício.

Houve a formação de uma chama, indicando que ocorria a reação, conforme a figura 14.



Figura 14 – Reação de formação do silício.

A mistura reacional foi retirada com a quebra do tubo de ensaio e colocada aos poucos na solução de HCl a 25%. Foram observadas pequenas faíscas durante este processo, que indicava que estava ocorrendo esta reação (figura 15).

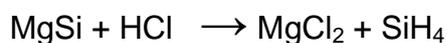


Figura 15 – Reação de formação do silano.

O silano em contato com o ar produz pequenas explosões, conforme a reação da figura 16.

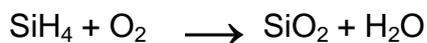


Figura 16 – Reação explosiva.

A acidificação tem como objetivo eliminar todo o óxido de magnésio formado, conforme a reação da figura 17.

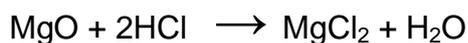


Figura 17 – Reação de formação do cloreto de magnésio.

O cloreto de magnésio formado é solúvel em água, enquanto que o silício não reage com HCl. Portanto, o único sólido após a acidificação é o silício.

A solução foi filtrada em papel de filtro, e o sólido foi colocado em uma estufa a 110° C, por 2 horas, resultando numa massa de 0,28 g de silício (figura 18).



Figura 18 – Silício em pó obtido.

O silício obtido apresentou um aspecto acinzentado, característica que está de acordo com as referências de Atkins, 2006.

8.2 OBTENÇÃO DO TETRACLORETO DE SILÍCIO



Figura 19 – Esquema para obtenção do SiCl₄

Foi deixada a temperatura do tubo de quartzo chegar a 360°C, ideal para que o experimento ocorresse. Logo foi acionada a água para resfriamento da coluna do condensador. Foi aberta a válvula do funil que estava o ácido clorídrico e deixado escorrer lentamente sobre o permanganato de potássio (figura 29).

Conforme o gás cloro foi sendo gerado, foi observada uma coloração esverdeada no tubo de quartzo, o que indicava a reação (figura 20).



Figura 20 – Reação de formação do cloro

O cloro em contato com o silício formou o SiCl_4 , a qual foi observada pela precipitação de um fumo branco, que se precipitou no balão receptor sob a forma de revestimento amarelo para laranja. Logo foi observado que um líquido amarelado para laranja lentamente acumulou-se no balão receptor.

Em temperaturas elevadas, o silício reage com o cloro para formar o tetracloreto de silício conforme a reação da figura 21.

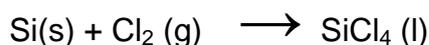


Figura 21 – Reação de formação do SiCl_4

A temperatura da reação foi mantida elevada durante todo o experimento, para garantir que a reação ocorresse; Foi observado que o silício não foi totalmente consumido na reação, mas sua aparência foi totalmente alterada pela reação; O experimento teve uma duração de 30 minutos.

O tetracloreto de silício obtido, conforme a figura 21 apresentou uma coloração amarelo para laranja, comercialmente o tetracloreto de silício é branco, líquido e transparente quando puro. Este fato da coloração foi devido a uma contaminação na parede do tubo durante a reação.

O AlCl_3 e FeCl_3 são formados com muita facilidade e é depositado na forma de cloreto de alumínio puro adquirindo cor amarela. Quando o cloreto de alumínio é contaminado com cloreto de ferro (III) o sólido na parede do tubo da reação adquire a cor laranja (CHEMIEDIDAKTIK, 2011).

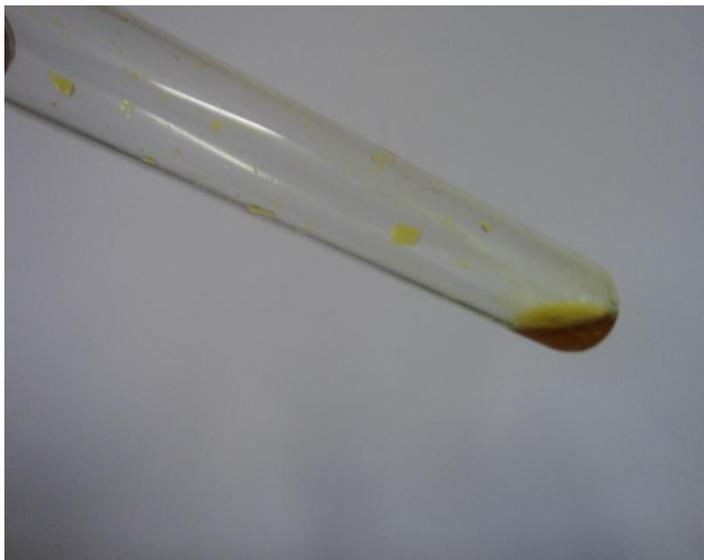


Figura 22 – Tetracloroeto de Silício.

8.3 OBTENÇÃO DAS PARTÍCULAS DE SILÍCA

As partículas de sílica foram preparadas pelo método de Stöber (GIESCHE (II), 1994), onde ocorreu a hidrólise seguido da policondensação do precursor utilizado, o tetraetilortosilicato (ALBERTI, 2009).

A partir da concentração dos reagentes é possível prever o tamanho final das partículas de sílica (GIESCHE (I), 1994). Para tal, foi calculado o volume da solução “A” e “B”, conforme tabela 1.

A solução “A” foi obtida com 27,2 mL de uma solução de NH_4OH 16 M e 63,8 mL de Álcool Etílico Absoluto, enquanto que a solução “B” foi obtida com 4,50 mL do Tetraetilortosilicato (TEOS), ($d = 0,93\text{g/mL}$) e 4,50 mL de Álcool Etílico Absoluto.

As soluções A e B foram misturadas em um balão de três bocas provido de banho a 20°C , conforme figura 23.



Figura 23– Esquema para produção das partículas e nanopartículas de sílica

A mistura das soluções resultou em um volume final de 100 mL, e $[\text{NH}_4\text{OH}]$ 4,35 M; $[\text{TEOS}]$ 0,20 M e $[\text{H}_2\text{O}]$ 9,6 M.

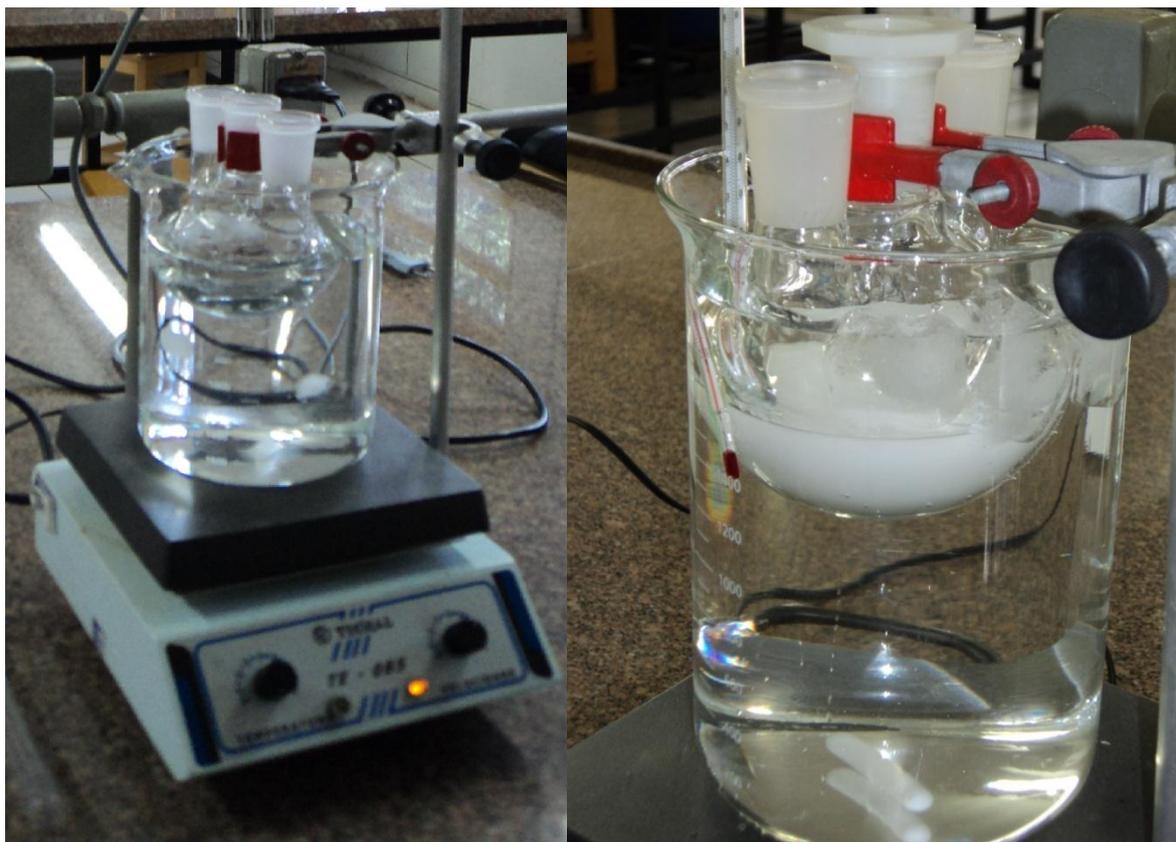
A tabela 1 mostra o efeito da concentração e temperatura das substâncias no meio reacional do diâmetro das partículas, os valores utilizados no experimento indicam um diâmetro esperado em torno de 730 nm.

Condições Reacionais				Propriedade da Partículas		
H ₂ O (mol dm ⁻³)	NH ₃ (mol dm ⁻³)	TEOS (mol dm ⁻³)	Temperatura (K)	Diâmetro (nm)	Desvio Padrão (nm)	Fator das formas
3	0.8	0.1	293	274	14.2	0.959
3	0.8	0.2	293	267	26.7	0.953
3	0.8	0.4	293	161	25.6	0.924
3	0.8	0.2	313	146	12.6	0.936
3	0.8	0.1	333	88.7	10.0	0.902
3	0.8	0.2	333	87	8.5	0.883
3	0.8	0.4	333	86.3	8.3	0.890
8	0.8	0.2	293	665	25.0	0.950
8	4.2	0.2	293	730	50	0.870

Tabela 1 – Tabela para cálculo de diâmetro das partículas (Adaptado: GIESCHE (I), 1995, p. 193).

Foi observado que no início da reação o líquido estava límpido, e logo em seguida o líquido límpido apresentava-se turvo, com aspecto leitoso, conforme a figura 24.

Conforme Giesche (II) (1994), esta mudança no meio reacional seria um indicativo de que as partículas estavam sendo formadas, com base neste artigo pode se comprovar que realmente as partículas preparadas estavam sendo formadas.



(A)

(B)

Figura 24 – (A) Imagem do líquido límpido, (B) Imagem do líquido leitoso.

Este processo de formação da partícula de sílica, inicialmente o líquido precursor tetraetilortosilicato (TEOS), é hidrolisado pela reação com água. No qual a sílica tetraédrica hidratada interage em uma reação de condensação formando ligações Si-O-Si, conforme figura 25.

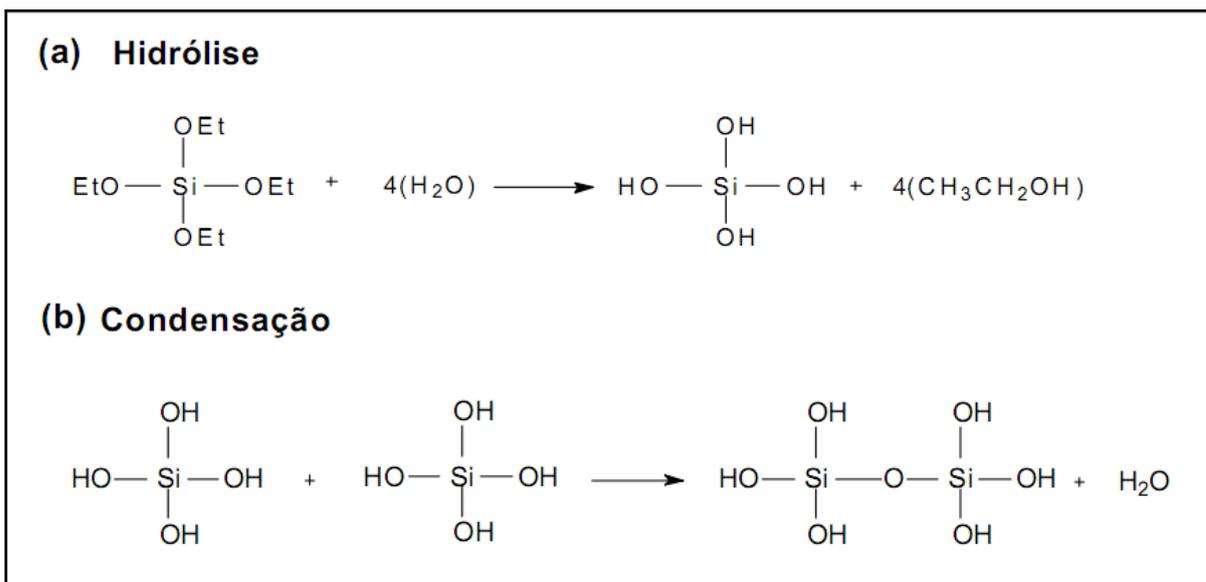


Figura 25 – (A) Reação de hidrólise do tetraetilortosilicato (TEOS), (B) Reação de condensação e formação da sílica (In: ALBERTI, 2009, p. 35).

Na reação de policondensação, ocorre a ligação adicional Si-OH, levando a formação da rede cristalina. Ocorrem sucessivas reações de hidrólise e policondensação até serem formadas suficientes ligações Si-O-Si em uma determinada região.

Nanopartículas segundo Praetorius (2007) apresentam diâmetros na faixa de 1 a 100 nm. Para medir diâmetros nesta faixa de tamanho seria necessária a utilização de um microscópio eletrônico.

Para se obter uma partícula de diâmetro mensurável por microscopia óptica, decidiu-se utilizar uma condição para gerar partículas de 730 nm de diâmetro.

As partículas de sílica foram medidas em uma resolução de 400 X, e para fazer a medição da partícula foi montado o seguinte esquema:

Aumento Total do Microscópio	Resolução	Diâmetro na régua milimétrica
5 X	50	3,5 mm
10 X	100	1,5 mm

Tabela 2 - Esquema para cálculo das partículas de sílica.

Foi medido o campo visual do microscópio em 5 X e 10 X com uma régua milimétrica comum, em seguida foi calculado o D_2 conforme a form. **(1)**.

$$A_1 \times D_1 = A_2 \times D_2$$

$$50 \times 3,5 = 400 \times D_2$$

O que resultou em um D_2 de 0,4375 mm; Após foi realizado o seguinte cálculo.

$$\begin{array}{l} 3,5 \text{ mm} \text{ ----- no aumento de } 400 \text{ X dá } 0,4375 \text{ mm} \\ 1,0 \text{ mm} \text{ ----- X} \end{array}$$

No que resultou em um valor de 0,125 mm.

Foi aumentada uma imagem da partícula de sílica e foi medido resultando em um valor de 200 mm. Logo foi realizado o seguinte cálculo:

$$\begin{array}{l} 0,1259 \text{ mm} \text{ ----- } 200 \text{ mm} \\ X \text{ ----- } 1,5 \text{ mm} \end{array}$$

Foi medido um diâmetro de 944 nm para a partícula preparada, através da microscopia óptica, como pode ser visto pela figura 27.

Na tabela 1, pode-se verificar que um aumento apenas na concentração de água de 3,0 M para 8,0 M, mantendo-se a concentração do NH_4OH em 0,8 M e do Tetraetilortosilicato (TEOS) em 0,2 M a uma temperatura de 293 K, o diâmetro da partícula aumentou de 267 nm para 665 nm.

Supondo que a concentração de água utilizada de 9,6 M provoca um aumento no diâmetro diretamente proporcional, seria obtido o diâmetro de 882 nm. Este valor está dentro da faixa do obtido assumindo-se um erro na medida do diâmetro por microscopia óptica em torno de 10%.

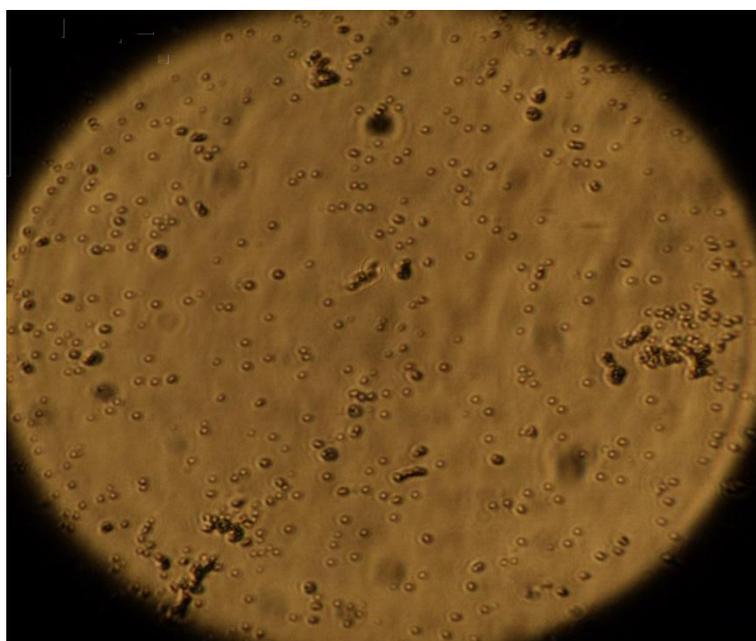


Figura 26 – Partículas de sílica diâmetro de 944 nm.

8.4 OBTENÇÃO DAS NANOPARTÍCULAS DE SÍLICA

A solução “A” foi obtida com 7,37 mL de uma solução de NH_4OH 0,8 M e 88,13 mL de Álcool Etilico Absoluto, enquanto que a solução “B” foi obtida com 2,25 mL do Tetraetilortosilicato (TEOS), ($d = 0,93\text{g/mL}$) e 2,25 mL de Álcool Etilico Absoluto.

A mistura das soluções resultou em um volume final de 100 mL, e $[\text{NH}_4\text{OH}]$ 0,8 M; $[\text{TEOS}]$ 0,1 M e $[\text{H}_2\text{O}]$ 3,0 M.

As soluções “A” e “B” foram misturadas em um balão de três bocas provido de banho a 60°C, conforme figura 23.

As reações tanto das partículas quanto das nanopartículas preparadas ocorrem da mesma maneira. Mudança do aspecto conforme figura 24; Reação de hidrólise do tetraetilortosilicato (TEOS) e reação de condensação e formação da sílica conforme a figura 25. O que pode ser visto é a mudança de concentração dos reagentes e temperatura.

Não foi possível observar as nanopartículas de sílica de 90 nm de diâmetro por microscopia óptica.

Segundo Pelczar (1980), o menor objeto que pode ser visto com perfeição em um microscópio óptico, é o que apresenta um poder resolvente de 0,2 μm , o que equivale a 200 nm. O fato de as nanopartículas não serem observadas sugere a obtenção de nanopartículas com diâmetro menor do que 200 nm.

9. CONCLUSÃO

Foi possível a produção de tetracloreto de silício a partir da reação de silício metálico e cloro. No entanto, foi obtida uma pequena quantidade, dificultando a preparação do tetraetilortosilicato.

A partir do Tetraetilortosilicato (TEOS) obtido comercialmente, foram preparadas partículas de sílica com diâmetro de 944 nm.

Embora se tenha preparado pelo mesmo método nanopartículas, estas não puderam ser caracterizadas devido à ausência de um microscópio eletrônico.

REFERÊNCIAS

ATKINS, P., JONES, L. **Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**, 3ª edição. Tradução Ricardo Bicca de Alecastro, cidade: Porto Alegre, Editora Bookman, 2006.

ACENDEOUNAO. **Silício**. Disponível em: <<http://acendeounao.files.wordpress.com/2011/03/silicio.jpg>>. Acesso em 10 julho 2011.

ALBERTI, Geani Maria Ucoski. **Síntese, Caracterização, Estudo da Imobilização em Sílica obtida pelo processo Sol-Gel e investigação Catalítica de Metaporfirinas**. 2009. 71p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Química – Universidade Federal do Paraná, Paraná, Curitiba, 2009.

ALMEIDA, Michelly Patrícia Santana. **Síntese e caracterização de nanopartículas de maguemita recobertas com sílica funcionalizada com grupos amina**. 2008. p.82. Dissertação (mestrado) – Instituto de Química – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

BRAUER, G. (Ed.) Handbook of Preparative Inorganic Chemistry, vol.1, 2ª Ed, **Academic Press**, New York, 1963.

CHEMWIKI. **Estrutura Química do Dióxido de Silício**. Disponível em: <<http://www.chemwiki.ucdavis.edu/>>. Acesso em: 26 julho 2011.

CHEMIEDIDAKTIK. **Explicação da Coloração Alaranjada**. Disponível em: http://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/dissido_cy/en/m_fact02.htm. Acesso em: 20 agosto 2010.

DATUPINION. **Dióxido de Silício**. Disponível em: <<http://www.datuopinion.com/dioxido-de-silicio>>. Acesso em: 26 julho 2011.

EKACHEMICALS DO BRASIL. **Compozil Select**. Disponível em: <<http://www.ekachemicals.com.br/papel.asp>>. Acesso em 26 julho 2011.

FERREIRA, Ana Paula G. **Preparação e estudo fotofísico de nanopartículas de sílica marcadas com compostos fluorescentes**. Instituto de Química de São Carlos. São Carlos, Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75431/tde-26082009-104202/>>. Acesso em: 29 Jun. 2010.

FERREIRA, Hadma Souza; RANGEL, Maria do Carmo. Nanotecnologia: Aspectos Gerais e potencial de aplicação em catálise. **Química Nova**, v. 32, n.7, abril, 2009, p. 1860-1870.

FILHO, (a) Antônio G. S. **Nosso futuro em nanopartículas**. Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará. 2007. Disponível em: <<http://funcapciencia.funcap.ce.gov.br/divulgaçãocientifica/divulgaçãocientifica-1/nosso-futuro-em-nanoparticulas>>. Acesso em: 21 jun. 2010.

FILHO, (b) Antônio G. S. **Ciência e Saúde**. Disponível em: <<http://www.opovo.com.br/www/opovo/cienciaesaude/661626.html>>. 2007. Acesso em: 25 jun. 2011.

FILHO, Antônio G.S. **Mundo oculto da nanociência**. Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará. 2011. Disponível em: <<http://funcapciencia.funcap.ce.gov.br/noticias/o-mundo-oculto-da-nanociencia-1>>. Acesso em: 03 jun. 2011.

FRANKEN, Leonardo; SANTOS, Lisiane S. dos; CARAMÃO, Eliana B.; COSTA, Tania M. H.; BENVENUTI, Edilson V. Xerogel. P-Anisidinapropilsílica. Estudo da Estabilidade Térmica e da Resistência á Lixiviação com Solventes. **Química Nova**, v. 25, n. 4, 2002, p. 563-566.

GALIA. **Nanopartículas de Formato Piramedaes**. Disponível em: <<http://galia.fc.uaslp.mx/~cabrera/>>. Acesso em: 01 out. 2011).

GIESCHE, H., Synthesis of monodispersed silica powders I. Particle properties and reaction Kinetics. **J. Eur. Ceram. Soc.**, 205, 1994, p.189-204.

GIESCHE, H., Synthesis of monodispersed silica powders II. Controlled Growth Reaction and continuous Production Process, **J. Eur. Ceram. Soc.**, 205, 14, 1994, p.205-215.

GUERRA, Ana Clara. **Nanopartículas agilizam diagnóstico do câncer**. Disponível em: <<http://www.batistadopovo.org.br/.../index.php?...nanoparticulas>>. Acesso em: 25 jun. 2011.

ISAÚDE. **Nanopartículas de sílica mesopora são usadas no tratamento de câncer**. Disponível em <<http://www.isaude.net/pt-BR/noticia/9050/ciencia-e-tecnologia/nanoparticulas-de-silica-mesoporosa-sao-usadas-no-tratamento-de-cancer>>. Acesso em: 02 julho 2011.

LAS. **Estrutura Cristalina do Silício**. Disponível em: <<http://www.las.inpe.br/.htm>>. Acesso em: 10 julho 2011.

LABORDENTAL. **Nanopartículas de Formato Esféricos**. Disponível em: <<http://www.labordental.com.br/>>. Acesso em: 01 out. 2011.

LIRA, Julio César Lima. **Elementos químicos Silício**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/elementos-quimicos/silicio/>>. Acesso em: 26 julho 2011.

MENDONÇA, Estela. Nanotecnologia em limpeza já é realidade no país. **Revista H&C – Household & Cosmético**, v. 10, n. 57, set/out, 2009.

MOREIA, Kátia de Cássia, Lígia B.; Marília Soares; Luiz R. A. Jr.; Andréia C. S. Wiezzel, Marcos F. S. Teixeira. **O desenvolvimento de aulas prática de química por meio da montagem de kits experimentais**. Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Disponível em: <<http://www.unesp.br/prograd/ENNEP/Trabalhos%20em%20pdf%20-%20Encontro%20de%20Ensino/T3.pdf>>. Acesso em: 26 julho 2011.

NEFTALÍ, L. V. Carrenõ; LEITE, Edson R.; SANTOS Luís P. S.; FILHO, Paulo N. Lisboa; LONGO, Elson; ARAÚJO, Geórgia C. L.; BARISON, Andersom; FERREIRA, Antônio G.; VALENTINI, Antoninho, PROBST, Luiz Fernando D.. Síntese, caracterização e estudo das propriedades catalíticas e magnéticas de nanopartículas de Ni dispersas em matriz mesopora de SiO₂. **Química Nova**, v. 25, n. 6, novembro, 2002, p.935-942.

PEIXOTO, Eduardo Motta Alves. Elemento Químico Silício. **Química Nova na Escola**, vol. 14, novembro, 2001.

PELCZAR, Michael Joseph. **Microbiologia: Conceitos e Aplicações. Traduç** vol.1. São Paulo: Editora McGraw-Hill Ltda, 1980.

PEREIRA, Alexandre Luiz. **Obtenção da sílica gel e silício a partir da areia**. 2009. 26p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Química – Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA/Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis - IMESA, São Paulo, Assis, 2009.

PORTELLA, Jorbison Adélio. **Característica Estruturais de Géis de Sílica Preparadas a Partir da Sonohidrólise de Tetraetilortossilicato com Adições de Álcool Polivinílico**. 2008. 65p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas- Universidade Estadual Paulista- Rio Claro, SP, 2008.

PINTO, Graciele Fernanda de S. **Determinação de triptofano em queijo ricota**. 2010. 70p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Química – Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA/Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA, São Paulo, Assis, 2010.

PRAETORIUS, Natalie P. MANDAL T. K., **Engineered nanoparticles in câncer therapy**. Recent Pat Drug Deliv Formul. v. 1, 2007, p. 37.

PRADO, Alexandre G.S., FARIA Elaine A. Aplicação e Modificação Química da Sílica Gel Obtida de Areia. **Química Nova**, volume 28, nº3, Fevereiro, 2005, p. 544-547.

RIBOLDI, Bruno Marconi, **Nanotecnologia: Fundamentos e Aplicações**. 2009. 22p. Trabalho de Conclusão de Curso (Física) – Departamento de Física – Instituto de Geociências Exatas – Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”, SP, Rio Claro, 2009.

SANTOS, Roberta M.M, FIALHO, Silvia Ligorio. Nanopartículas: Uma alternativa para a administração de biofármaco. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, nº37, ano X, 2007, p. 52-59.

SCHLESINGER, David. Nanopartícula **podem impedir progressão do Alzheimer**. Disponível em <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/nanoparticulas-podem-impedir-progressao-do-alzheimer>>. Acesso em: 24 junho 2011.

SILICON DIOXIDE IN FOOD-BUZZLE. **Silicon**. Disponível em:
<<http://www.buzzle.com/articles/silicon-dioxide-in-food.html>>. Acesso em: 16 abril 2011.

THE BIOFYSICAL PROPERTIES OF THE ELEMENT. **Silicon**. Disponível em:
<<http://periodictable.com/Elements/014/index.htm>>. Acesso em: 16 abril 2011

VANIN, J. A. **Alquimistas e químicos: O passado, o presente e o futuro**. 2^aed. São Paulo. Editora Moderna, 2005.

VOROBYOVA, O I.; DUNAEVA, K. M.; IPPOLITOVA, E. S., Practical Inorganic Chemistry, **Mir Publishers**, Moscow, 1984.

WEB. **Nanopartículas de Formato Elipsoidaes**. Disponível em:
<<http://web.ua.es/es/eqsup/investigacion/nanoparticulas-galeria-de-imagenes.html>>. Acesso 01 out. 2011.