



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

BRUNO JOSÉ BERNARDES

SÍNTESE DO PIGMENTO AZUL DA PRÚSSIA E SUA UTILIZAÇÃO
PARA A PRODUÇÃO DE TINTA DO TIPO GUACHE

Assis
2012

BRUNO JOSÉ BERNARDES

SÍNTESE DO PIGMENTO AZUL DA PRÚSSIA E SUA UTILIZAÇÃO
PARA A PRODUÇÃO DE TINTA DO TIPO GUACHE

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

Orientador: Prof^a Ms. Marta Elenita Donadel

Área de Concentração: Química

Assis
2012

FICHA CATALOGRÁFICA

BERNARDES, Bruno José

Síntese Do Pigmento Azul Da Prússia e Sua Utilização Para a Produção de Tinta do Tipo Guache / Bruno José Bernardes. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA -- Assis, 2012.

55p.

Orientador: Marta Elenita Donadel

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

1.Pigmento Inorgânico. 2.Azul da Prússia. 3.Tinta Guache

CDD: 660
Biblioteca da FEMA

SÍNTESE DO PIGMENTO AZUL DA PRÚSSIA E SUA UTILIZAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE TINTA DO TIPO GUACHE

BRUNO JOSÉ BERNARDES

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: Prof^a Ms. Marta Elenita Donadel

Analisador: Prof^a Dra. Silvia Maria Batista de Souza

Assis
2012

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por toda sabedoria. Aos meus pais Benedita e Wilson, e a toda minha família e amigos não só pelo apoio e incentivo, mais principalmente pelos momentos felizes que vivi ao lado deles e que jamais serão esquecidos.

AGRADECIMENTO

Hoje, vivo uma realidade que parece um sonho, mas foi preciso muito esforço, determinação, paciência, perseverança, ousadia e maleabilidade para chegar até aqui, e nada disso eu conseguiria sozinho. Minha terna gratidão a todos aqueles que colaboraram para que este sonho pudesse ser concretizado.

Agradeço primeiramente a Deus, porque Ele fez mais do que me criar, deu um propósito à minha vida e ilumina constantemente o meu caminhar.

Aos meus pais, Benedita e Wilson, que me proporcionaram tanto uma boa infância quanto uma vida acadêmica, formaram os fundamentos do meu caráter e me apontaram uma vida eterna. Obrigado por serem a minha referência de tantas maneiras e estarem sempre presentes na minha vida de uma forma indispensável.

Quero agradecer aos meus familiares mais próximos, irmã Sandra, cunhado Edson, sobrinhas Gabriela e Rafaela, tia Carolina, tio Osvaldo, primo Leandro e primas Silvana, Amanda e Júlia, pois proporcionaram para mim muito carinho e principalmente apoio para lidar com esses obstáculos advindos em meu cotidiano.

Não posso esquecer-me de agradecer a todos os professores que enfatizaram um aprendizado diferenciado e significativo para compor o meu lado profissional e também pessoal.

Nesse momento, sintetizo um agradecimento especial aos meus amigos que fizeram parte da minha vida durante esses quatro anos de graduação, Hellen Ciciliato, Luiz Fernando, Mauro Fernando e Rafael Gustavo, proporcionando e ao mesmo tempo dividindo momentos de alegrias, tristezas, experiências, conquistas, entre outros.

Enfatizo um agradecimento a minha professora orientadora Marta Elenita Donadel que se prontificou a me orientar nesse trabalho primordial para minha formação acadêmica.

Obrigado a todos, mesmo os que não foram citados aqui, pois de uma forma direta ou indireta me ajudaram e contribuíram para a conclusão desta etapa da minha vida e para o Bruno José que sou hoje.

“Não se preocupe em entender, viver ultrapassa todo entendimento. Mergulhe no que você não conhece.”

Clarisse Lispector

RESUMO

Os pigmentos estão sempre presentes em nosso meio até mesmo em aplicações onde sua cor não pode ser notada. O pigmento se diferencia do corante, pois adere cor a um determinado objeto através da dispersão de seus cristais no meio que é incorporado, já o corante é solúvel em sua matriz, perdendo então suas características estruturais e cristalinas. Diferente do que acontecem com os pigmentos orgânicos, os pigmentos inorgânicos possuem alta estabilidade e menos toxicidade para o homem e para o meio ambiente. São numerosas as aplicações que os pigmentos inorgânicos têm na indústria, como cerâmica, tintas, tecidos, cosméticos, entre outros. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou sintetizar o pigmento inorgânico Azul da Prússia (ferrocianeto férrico), através do método de complexação e precipitação. Depois de sintetizado o pigmento foi utilizado para a confecção de uma tinta do tipo guache, obtendo a cor azul intensa que comprovou a síntese do ferrocianeto férrico e satisfaz as expectativas.

Palavras-chave: Azul da Prússia; Pigmento Inorgânico; Tinta guache.

ABSTRACT

The pigments are always present among us even in applications where its color can't be noticed. The pigment differs of dye because adheres color to a particular object by dispersing their crystals in the middle that it is incorporated, since the dye is soluble in its matrix, then losing their structural and crystalline characteristics. Different from what happens with organic pigments, the inorganic one has high stability and less toxicity to man and to the environment. There are numerous applications that inorganic pigments have in the industry, as ceramic, paint, textiles, cosmetics, and so on. In this context, the present study aimed to synthesize the inorganic pigment Prussian Blue (ferric ferrocyanide), through the complexation and precipitation. After synthesized the pigment was used for making a gouache ink type, obtaining the intense blue color which proved the synthesis of ferrocyanide ferric satisfied expectations.

Keywords: Prussian Blue; Inorganic Pigment; Gouache Ink.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Espectro Eletromagnético.....	16
Figura 2	- Modelo de Cores MBS.....	18
Figura 3	- Estrutura do Olho Humano.....	19
Figura 4	- Estrutura da Retina.....	20
Figura 5	- Tabela Periódica dividida em blocos.....	21
Figura 6	- Distribuição eletrônica de três metais de transição.....	23
Figura 7	- Distribuição eletrônica de um metal de transição interna.....	23
Figura 8	- Elétron emitindo fóton.....	24
Figura 9	- Orbitais do subnível d representados em eixos cartesianos.....	25
Figura 10	- Pinturas antigas preservadas em cavernas e rochas.....	28
Figura 11	- Pigmento Azul da Prússia.....	35
Figura 12	- Fórmula do Ferrocianeto Férrico.....	36
Figura 13	- Esquema ilustrativo da Cromatografia de Papel.....	39
Figura 14	- Ferrocianeto de Potássio e Cloreto Férrico.....	42
Figura 15	- Filtro de papel utilizado para a filtração do Azul da Prússia.....	43
Figura 16	- Solução sendo aquecida para a evaporação da água.....	43
Figura 17	- Resíduo resultante da evaporação da solução.....	44
Figura 18	- Cor padrão de Azul da Prússia.....	45
Figura 19	- Pigmento PB obtido disperso em água.....	46
Figura 20	- Tinta guache confeccionada a partir do pigmento Azul da Prússia.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Cor e Comprimento de Onda.....	17
Tabela 2	- Classificação dos pigmentos inorgânicos baseada na cor e propriedades químicas.....	30
Tabela 3	- Demonstrativo dos produtos mais comuns à base de óxido.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

nm	Nanômetro
THz	Terahertz
MBS	Matiz, Brilho, e Saturação
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
TCC	Teoria do Campo Cristalino
µm	Micrometro
a. C.	Antes de Cristo
ISO	International Standard Organization
PB	Prussian Blue
FEMA	Fundação Educacional do Município de Assis

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	TEORIA DA COR.....	16
2.1	PERCEPÇÃO DA COR.....	19
3	A QUÍMICA DOS ELEMENTOS DE TRANSIÇÃO.....	21
3.1	PROPRIEDADES GERAIS.....	21
3.1.1	Metais de Transição.....	22
3.1.2	Metais de Transição Interna.....	23
3.2	APARIÇÃO DA COR NOS METAIS DE TRANSIÇÃO.....	24
4	PIGMENTO INORGÂNICO.....	27
4.1	HISTÓRICO.....	27
4.2	CARACTERÍSTICAS.....	29
4.3	CLASSIFICAÇÃO DOS PIGMENTOS.....	29
4.4	PIGMENTOS NATURAIS.....	30
4.5	PIGMENTOS SINTÉTICOS.....	32
4.6	PROPRIEDADES.....	32
4.6.1	Propriedades Óticas.....	32
4.6.2	Propriedades Físicas.....	33
4.6.3	Propriedades Químicas.....	33
4.7	APLICAÇÕES.....	34

4.8	AZUL DA PRÚSSIA.....	34
5	CROMATOGRAFIA DE PAPEL APLICADA NO ENSINO MÉDIO.....	37
5.1	MATERIAIS NECESSÁRIOS.....	38
5.2	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	38
6	METODOLOGIA.....	40
6.1	MATERIAIS E REAGENTES.....	40
6.2	EQUIPAMENTOS.....	40
6.3	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	41
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
8	CONCLUSÃO.....	47
	REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

Os pigmentos estão sempre presentes em nossas vidas, até mesmo em aplicações em que a evidência direta de sua presença (a cor) não pode ser notada (CASQUEIRA; SANTOS 2008).

Um pigmento é definido como sendo uma partícula sólida, orgânica ou inorgânica, preta, branca, colorida ou fluorescente que seja praticamente insolúvel no meio ao qual venha a ser incorporado e que não reaja quimicamente ou fisicamente com este (CASQUEIRA; SAMPAIO 2006).

Diferentemente do que acontece com corantes, os quais são solúveis no meio em que se encontram perdendo as próprias características estruturais e cristalinas, os pigmentos fornecem cor através de uma simples dispersão física no meio a ser colorido (CUNHA, 2009).

A importância dos pigmentos para o setor industrial é facilmente verificada pela variedade de cores que podemos visualizar em nosso cotidiano. Os setores da indústria onde os pigmentos encontram maior aplicação são: plásticos, cosméticos, vernizes, papel, tecido, decoração, materiais de construção, cerâmicos em geral, inclusive restaurações cerâmicas odontológicas nas quais os pigmentos são adicionados para simular a cor dos dentes naturais (MONTEDO et al., 2006).

Os pigmentos orgânicos se diferenciam dos inorgânicos principalmente pela vasta gama de cores e pelo alto poder de coloração. Por outro lado, os pigmentos inorgânicos apresentam uma excelente estabilidade química e térmica e também em geral, uma menor toxicidade para o homem e para o meio ambiente (BONDIOLI; MANFREDINI; OLIVEIRA, 1998).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo a síntese do pigmento inorgânico Azul da Prússia pelo método de precipitação e complexação e a utilização do mesmo para a produção de uma tinta do tipo guache.

2 TEORIA DA COR

A maior parte das informações que recebemos nos é transmitida pela visão. A cor é algo que nos é tão familiar que se torna difícil para compreendermos que ela não corresponde às propriedades físicas do mundo, mas sim à sua representação interna em nível cerebral (GONÇALVES et al. 2010).

As cores não têm existência material, elas são resultados das absorções de radiações eletromagnéticas na faixa de luz visível e estão relacionadas com comprimentos de onda particulares (SILVA, 2008).

A figura 1 mostra a região chamada “visível” do espectro eletromagnético e contém comprimentos de onda que vão desde 380 a 740 nm aproximadamente.

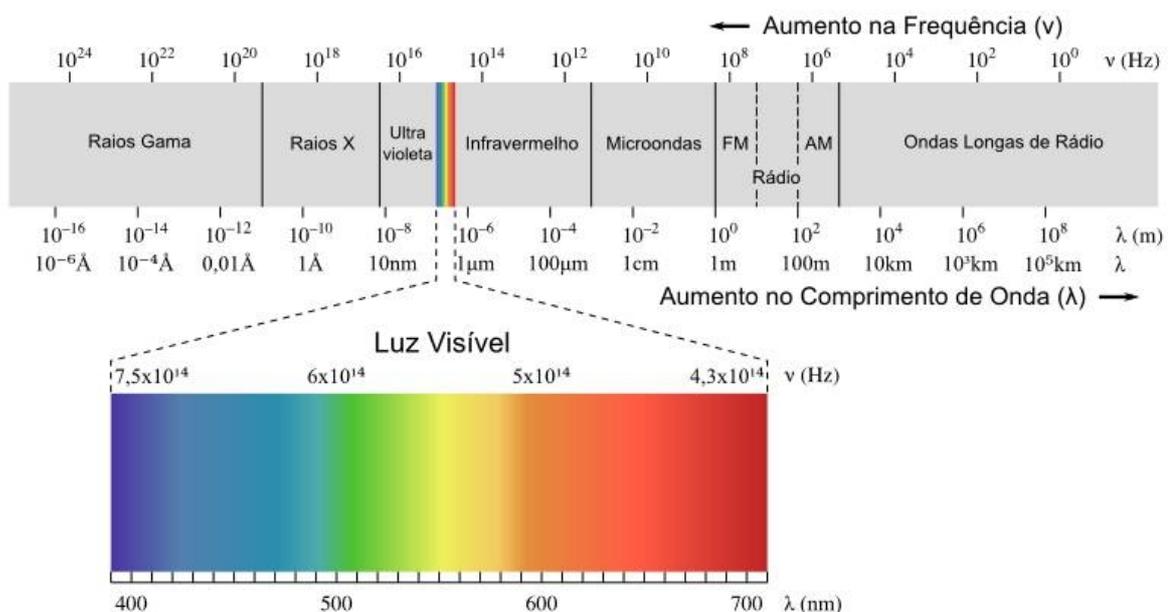


Figura 1 – Espectro Eletromagnético. (In: SCIENTIA, 2010)

Além da luz visível, outras radiações também são denominadas eletromagnéticas, como as ondas de rádio, as micro-ondas, os raios infravermelhos, a radiação

ultravioleta, raios X e os raios gama, todas essas invisíveis aos nossos olhos (LISBOA, 2010).

A região visível do espectro eletromagnético é varrida por sete cores básicas com comprimentos de onda característicos (MELCHIADES; BOSCHI, 1999).

A tabela 1 representa as cores do espectro visível com ordem crescente de comprimentos de onda.

COR	FREQUÊNCIA (THz)	INTERVALO APROXIMADO λ (nm)
Violeta	668–789	380 a 450
Anil	631–668	450 a 475
Azul	606–630	475 a 495
Verde	526–606	495 a 570
Amarelo	508–526	590 a 590
Laranja	484–508	590 a 620
Vermelho	400–484	620 a 740

Tabela 1 – Cor e Comprimento de Onda. (In: WIKIPÉDIA, 2012)

A cor de um objeto é uma resposta dos comprimentos de onda que ele é capaz de absorver e conseqüentemente daqueles que reflete. Assim, um objeto visto como azul é porque reflete somente a fração do espectro correspondente ao comprimento de onda da cor azul. Podemos destacar então, que a cor visualizada corresponde à cor não absorvida pelo objeto (Vieira, 2007).

Um objeto branco é a reflexão de todos os comprimentos de onda da região visível do espectro, pois não absorve nenhum. Por outro lado, um objeto preto absorve todos os comprimentos de onda da região visível do espectro, não refletindo nenhum comprimento de onda (SILVA, 2008).

Estudos realizados com a cor-luz mostram que as cores podem ser somadas e, assim, fazer surgir novas cores. Três cores visíveis do espectro de cores são

conhecidas como cores primárias: o azul, o verde e o vermelho. Abstraindo apenas estas três cores, em proporções e intensidades variadas, obtemos todas as outras cores, mesmo aquelas que não estão no espectro como, por exemplo, o marrom (SILVA, 2008).

Uma fonte luminosa tem três características principais: matiz, brilho e saturação. A primeira é associada à longitude de onda dominante na mistura das ondas luminosas, ou seja, nos permite distinguir a cor de um determinado objeto; o brilho é um termo que se usa para descrever que tão claro ou escuro parece uma cor, e se refere à quantidade de luz percebida; e por último a saturação que representa a pureza ou intensidade de uma cor particular, a vivacidade ou palidez da mesma, e pode se relacionar com a largura de banda da luz que estamos visualizando (Moreno, 2008).

A figura 2 representa as três características de uma fonte luminosa: matiz, brilho e saturação.

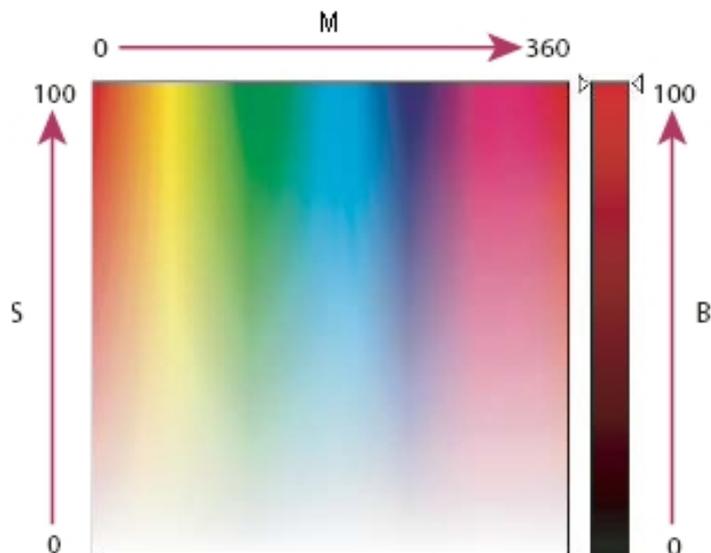


Figura 2 – Modelo de Cor ‘MBS’. (In: ADOBE, 2012)

2.1 PERCEPÇÃO DA COR

A cor não é considerada como uma característica absoluta de um objeto, mas sim uma percepção humana, ou seja, a cor de um objeto é uma sensação. Cada pessoa tem uma percepção própria da cor de um determinado objeto que depende de seus aspectos fisiológicos e psicológicos (VIEIRA, 2007).

Os estímulos da cor, registrados pela retina, são provocados pela distribuição de energia e as propriedades espectrais da luz visível que passa através do objeto ou é refletida por ele. A sensação de cor somente se concretiza após uma complexa operação na qual o cérebro processa os estímulos recebidos (MELCHIADES; BOSCHI, 1999).

Os raios luminosos incidem na córnea sendo então refratados. A seguir estes incidem sobre a lente (cristalino) que tem por objetivo projetá-los na retina. Nesta, encontram-se dois tipos de fotorreceptores os cones e os bastonetes, que convertem a intensidade e a cor da luz recebida em impulsos nervosos. Estes impulsos são enviados ao cérebro através do nervo ótico e então tem a percepção de uma imagem (BERTULANI, 2012).

A figura 3 ilustra a estrutura do olho humano.

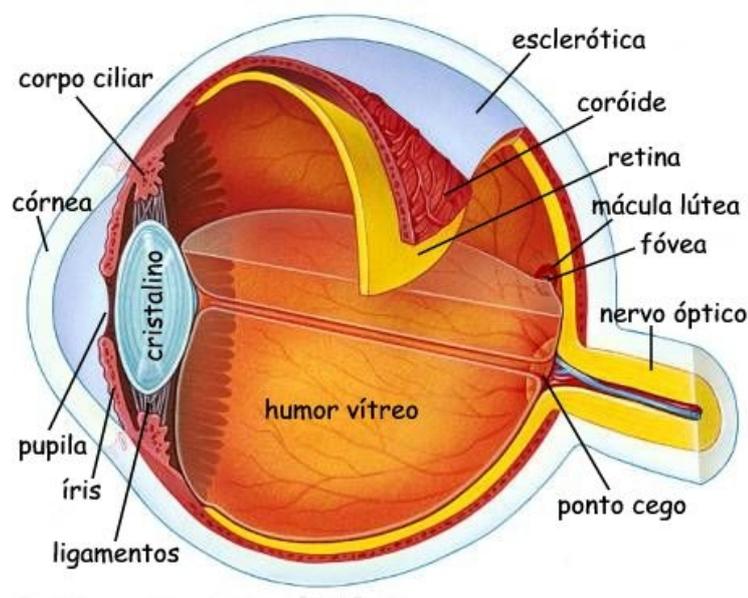


Figura 3 – Estrutura do Olho Humano (In: EDUCAR, 2012).

Podemos inferir que quem realmente enxerga não é o olho e sim o cérebro, pois ele monta as imagens e estabelece relações com a memória, o que permite saber se estamos vendo um corpo, um cachorro ou uma pessoa, por exemplo, (WALDOW, 2010).

A figura 4 representa a estrutura da retina (camada responsável pela projeção das imagens até o cérebro) com um cone e nove bastonetes.

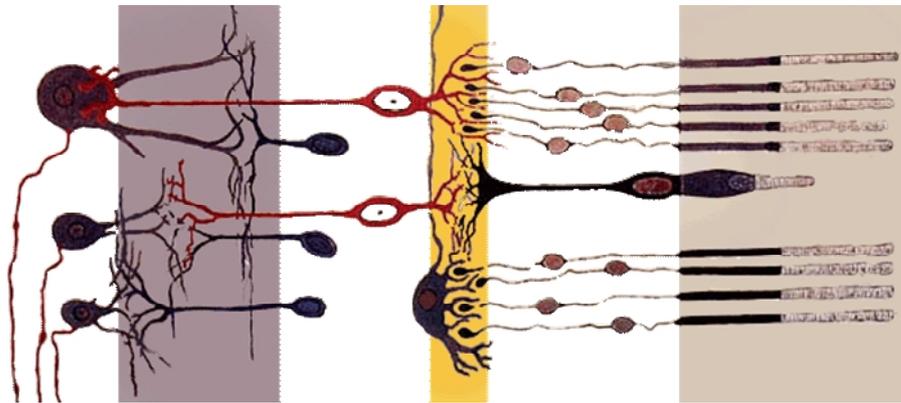


Figura 4 – Estrutura da Retina (In: WIKIPÉDIA, 2012).

capazes de formar ligas metálicas entre si e com outros metais e possuem variados estados de oxidação (LIRA, 2011).

As densidades dos metais de transição variam desde $3,0 \text{ g/cm}^3$ do escândio até $22,6 \text{ g/cm}^3$ do irídio e do ósmio, as densidades altas são resultados das elevadas massas atômicas e volumes atômicos pequenos. Possuem potenciais negativos, e destacam-se principalmente pela capacidade de formar compostos coloridos, sendo por isso, muito utilizados na área da pigmentação (NEVES, 2012).

Essa classe de elementos é subdividida em duas: metais de transição e metais de transição interna (LIRA, 2011).

3.1.1 Metais de Transição

Os metais de transição tem configuração eletrônica terminada em subnível d, ou seja, na distribuição eletrônica, tem o preenchimento total do subnível s da camada mais externa e por último o preenchimento do subnível d da camada anterior [$ns^2 (n-1) d^1 \text{ a } 10$] (DYNÂMICO, 2012).

Entretanto alguns elementos de transição não seguem rigorosamente as regras de distribuição eletrônica: aqueles que terminam em d^4 ou d^9 , fazem promoção de um elétron do subnível s anterior para o subnível d, resultando respectivamente as configurações s^1d^5 e s^1d^{10} . O número da família dos elementos de transição é obtido a partir da soma dos elétrons do subnível d da penúltima camada com os do subnível s da ultima camada (CRUZ; BARBOSA, 2008).

Pode-se observar tais fatos na figura 6 que representa a distribuição eletrônica de alguns metais de transição.

3.2 APARIÇÃO DA COR NOS METAIS DE TRANSIÇÃO

A energia da luz absorvida por um metal de transição corresponde à energia necessária para promover um elétron do estado fundamental para um estado de maior energia. Quando ocorre absorção de energia, ocorrem saltos dos elétrons em subníveis d para um nível d mais energético, e o mesmo ocorre para os subníveis f. Quando o elétron retorna à forma menos energética, ocorre liberação energética em forma luminosa, este é chamado de fóton (BARTHELMESS, 2006).

A figura 8 ilustra um elétron recebendo energia e passando para o seu estado excitado e liberando essa energia em forma de luz (fóton) ao retornar ao seu estado fundamental.

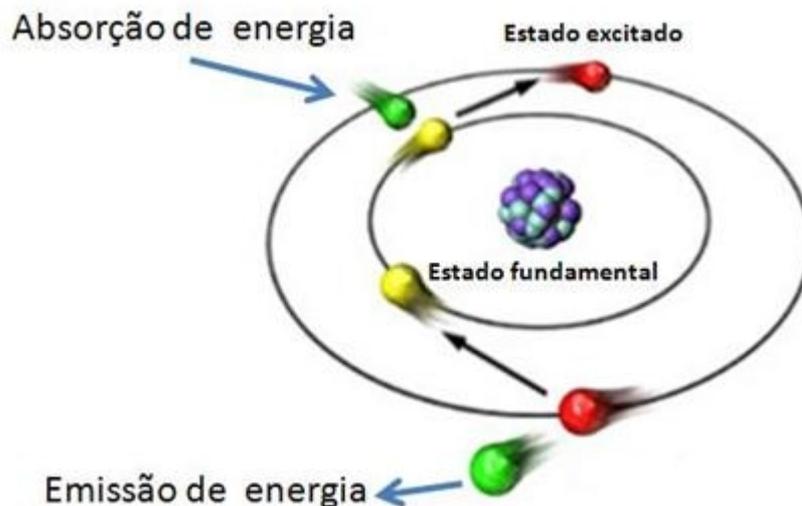


Figura 8 – Elétron emitindo fóton. (In: OLIVEIRA, 2010)

Se a absorção de luz ocorrer na região visível, a luz tem a cor complementar da cor que foi absorvida, causada por variações na energia eletrônica. Sendo sempre possível que ocorra a promoção de um elétron para um nível mais energético, geralmente os saltos de energia são tão grandes que a absorção da luz ocorre na região do ultravioleta, região de luz não visível (KLEIN, 2012).

Este fato resulta de os orbitais d não terem a mesma energia quando estão sujeitos ao campo eletromagnético de outras espécies químicas na sua vizinhança (ligantes). Com efeito, como é explicado pela teoria do campo cristalino (TCC), em uma estrutura tetraédrica há três orbitais d (d_{xy} , d_{yz} e d_{xz}) estes quando juntos são denominados t_{2g} que, devido à sua orientação espacial, aproximam-se mais dos quatro ligantes e, conseqüentemente, têm energia superior à dos outros dois orbitais d ($d_{x^2-y^2}$ e d_{z^2}) denominados e_g , em virtude de um elétron em um dos orbitais t_{2g} ficar sujeito a maior repulsão por parte dos elétrons dos ligantes do que se ocupar um dos orbitais e_g (CRUZ, 2004).

A figura 9 ilustra os 5 orbitais d divididos nos eixos cartesianos (x, y e z).

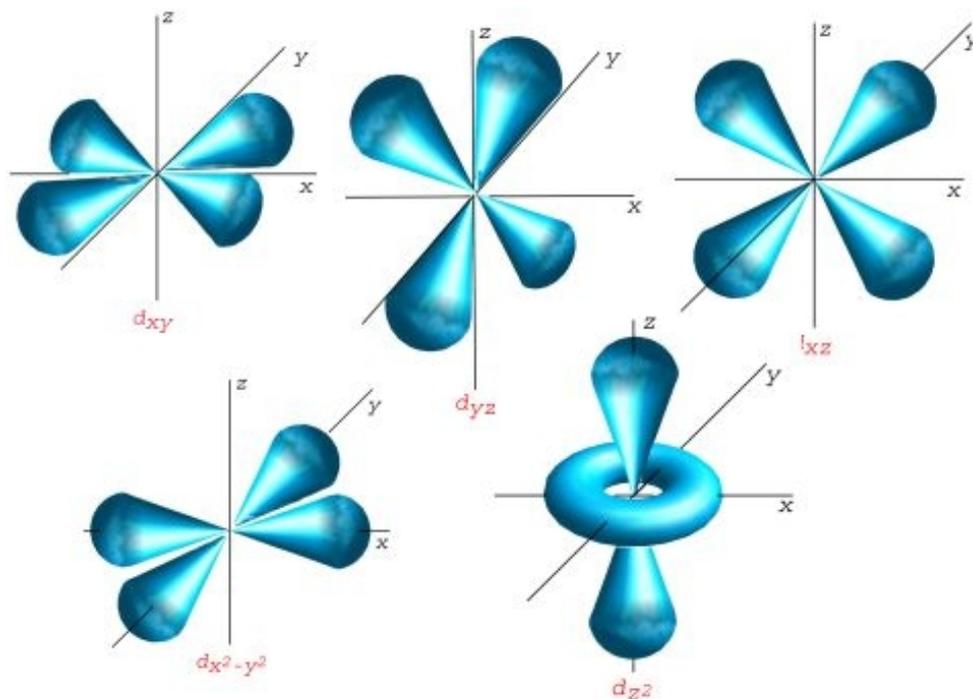


Figura 9 – Orbitais do subnível d representados em eixos cartesianos. (In: WIKIPÉDIA, 2012)

Em contraste, os compostos obtidos com os metais do bloco p e s são invariavelmente brancos por não formar complexos, pois não possuem um nível d parcialmente preenchido e não pode ter transição d-d. A energia necessária para

promover um elétron p ou s para um nível energético mais elevado é muito maior e corresponde a absorção da luz violeta. Por esse motivo eles não são coloridos.

Quando o metal de transição se encontra em complexo, a cor depende da natureza dos ligantes, variando de ligante para ligante. Cada ligante exerce um efeito diferente na cor do complexo. Isso ocorre devido ao efeito dos orbitais d que não se encontram todos com a mesma energia (ELIZIÁRIO, 2007).

A origem das cores nos lantanídeos é muito semelhante, e é decorrente de transições de subnível f para outro subnível f mais energético. Nos lantanídeos, os orbitais 4f situam-se na parte interior do átomo e são muito bem blindados pelos átomos dos orbitais 5s e 5p. Assim, os elétrons dos orbitais f praticamente não são afetados pela formação de complexos, portanto a cor permanece praticamente constante para um dado íon, qualquer que seja o ligante (MARTINS; ISOLANI, 2005).

As transições de cores do bloco f são muito mais complexas que as transições do bloco d, porque nos blocos f existem sete orbitais (dois a mais que nos blocos d) onde ocorrem os saltos energéticos. Mas, as transições acabam sendo simplificadas pelo fato de os orbitais f serem relativamente internos ao átomo e somente se sobrepõem fracamente com os orbitais do ligante não alterando, assim, a cor do íon lantanídico. Isso indica que a cor depende do número de elétrons f desemparelhados, possuindo coloração semelhante aos íons com número de elétrons desemparelhados (LIRA, 2012).

Sendo assim, nem todos os íons do bloco f são coloridos, devido ao fato de que ou não existem elétrons para ser promovidos, ou porque possui orbital f completo ou quase completo, o que torna o salto energético não favorável. O mesmo ocorre nos elementos do bloco d, onde alguns compostos são brancos, por exemplo, o ZnSO_4 e o TiO_2 . Nesses compostos não é possível promover elétrons de um subnível d para outro, por que o Zn^{2+} e o Ti^{2+} possuem configuração d^{10} e seu subnível d está completo. Assim, não ocorre salto energético (VIEIRA, 2007).

Outros casos são os íons Cu^+ , Ti^{4+} , Sc^{3+} , V^{5+} e Zn^{2+} que possuem um subnível d vazio. Logo não há possibilidade de haver transições de d para outro d mais energético e esses íons serão incolores (FILHO, 2006).

4 PIGMENTO INORGÂNICO

Os pigmentos são pequenos cristais (0,05 a 0,1 μm) orgânico ou inorgânico, preto, branco, colorido ou fluorescente que seja praticamente insolúvel no meio ao qual venha a ser incorporado e que não reaja quimicamente ou fisicamente com este (CASQUEIRA; SAMPAIO 2006).

É importante também, diferenciar os corantes dos pigmentos. Corantes são solúveis no meio em que se encontram, perdendo assim suas características estruturais e cristalinas, já os pigmentos são pequenos corpúsculos insolúveis no meio em que são aplicados, conferindo cor por uma simples dispersão (CASQUEIRA; SANTOS, 2008).

4.1 HISTÓRICO

O homem vem utilizando as cores há mais de 20 mil anos. O primeiro pigmento conhecido pela humanidade foi o Negro-de-Fumo (*Carbon Black*). Por volta de 3.000 a. C., foram utilizados alguns pigmentos inorgânicos, como por exemplo, o Azul Egípcio ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$) relatado o pigmento mais utilizado nessa época. Sabe-se que no Período Glacial, os caçadores pintavam as paredes das cavernas reservadas ao culto, com fuligem e ocre, terras e argilas suspensas em água, sumo de frutos e plantas esmagadas, ou ainda com sangue de animais caçados criando assim, obras que resistem há milênios (ABIQUIM, 2011).

Os egípcios, por sua vez, também desenvolveram a arte de pintar e, por volta de 1000 a. C., descobriram os predecessores dos vernizes atuais, usando resinas naturais ou cera de abelha como o ingrediente formador de película (GONÇALVES et al., 2010).

A figura 10 ilustra algumas artes que nossos ancestrais pintavam em cavernas e rochas que existem até hoje.



Figura 10 – Pinturas Antigas preservadas em cavernas e rochas. (In: ARTEBLOG, 2008)

Sob o ponto de vista dos pigmentos, o *ocre* (que vem do grego e significa amarelo) foi o primeiro a ser utilizado pelo homem. A espécie química responsável pela cor do *ocre* é o óxido férrico hidratado ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), ele é encontrado misturado com sílica e argila. Através da sua moagem e lavagem é produzido o pigmento amarelo e por meio de aquecimento outras cores podem ser obtidas (CASQUEIRA; SANTOS, 2008).

O primeiro pigmento quimicamente sintetizado foi obtido na Alemanha em 1704 por Heinrich Diesbach. Ele estava manufaturando pigmentos vermelhos usando potássio e outras bases, ao contaminar acidentalmente a mistura com óleo animal ele obteve uma cor púrpura e logo depois, a solução passou a ter uma coloração azul intensa, ao invés do vermelho que ele estava tentando obter. O pigmento obtido ficou conhecido como Azul da Prússia (MINIATURES, 2004).

A história mostra que a importância, tanto comercial quanto estética, dos corantes e pigmentos somente cresceu desde então, de forma que no fim do século XIX, fabricantes de corantes sintéticos estabeleceram-se na Alemanha, Inglaterra, França e Suíça, suprimindo as necessidades das indústrias que, na época, fabricavam tecidos, couro e papel. Nos anos de 1994 e 1995, as grandes corporações implantaram unidades fabris próprias ou em parcerias com fabricantes locais em diversos países asiáticos, como China, Índia e Indonésia (ABIQUIM, 2011).

As vantagens de utilizar pigmentos inorgânicos insolúveis para coloração foram logo descobertas pelos pesquisadores, o que proporcionou a produção de pigmentos em uma enorme variedade de cores e desenvolvimento de vários métodos de síntese química (CASQUEIRA; SANTOS, 2008).

A importância dos pigmentos para a civilização humana é evidente e bem documentada. Embora, estes materiais tenham sido descobertos há muitos anos as pesquisas continuam até hoje, pois as indústrias exigem frequentemente novos tons e cores cada vez mais reprodutíveis e estáveis. O que torna necessário o desenvolvimento de novos pigmentos e métodos de síntese que superem as desvantagens apresentadas pelo processo industrialmente já consolidado (CASQUEIRA; SANTOS, 2008).

4.2 CARACTERÍSTICAS

A maior parte dos pigmentos inorgânicos compreende substâncias que possuem uma estrutura cristalina determinada. Estas substâncias produzem cor por ação de íons cromóforos que absorvem e refletem a radiação visível de forma seletiva e é estabilizado por mecanismos químicos apropriados, pois mantém sua ação sobre condições químicas e temperaturas desfavoráveis. Estruturalmente, um pigmento inorgânico é formado por uma rede hospedeira, na qual se integra o componente cromóforo (normalmente um cátion de metal de transição) e os possíveis componentes modificadores, que estabilizam, conferem ou reafirmam as propriedades pigmentantes (SANTOS et al., 2006).

4.3 CLASSIFICAÇÕES DOS PIGMENTOS

A tabela 2 apresenta o sistema recomendado pela ISO (*Internatinal Standard Organization*) e é baseado em considerações de cor e propriedades químicas dos pigmentos (MILANEZ, 2003).

TERMOS	DEFINIÇÃO
<i>Pigmentos brancos</i>	O efeito ótico é causado pela não seletividade da dispersão da luz (exemplos: dióxido de titânio e pigmentos de sulfeto de zinco e óxido de zinco).
<i>Pigmentos coloridos</i>	O efeito ótico é causado pela absorção seletiva da luz e também pela grande seletividade de dispersão da luz (exemplos: óxido de ferro vermelho e amarelo, pigmentos de cádmio, pigmentos ultramarinhos, amarelo de cromo, azul de cobalto).
<i>Pigmentos pretos</i>	O efeito ótico é causado pela não seletividade de absorção da luz (exemplos: pigmentos de carbono, óxido de ferro).
<i>Pigmentos de brilho: metalizados, nacarados e de interferência</i>	O efeito ótico é causado pela reflexão regular e interferência (exemplo: laranja de molibdênio)
Pigmentos luminescentes	Fluorescentes: A luz de longo comprimento de onda é emitida depois da excitação, em um tempo rápido (exemplo: hidrocloreto de quinina).
	Fosforescentes: A luz de longo comprimento de onda é emitida por um longo tempo depois da excitação (exemplo: sulfeto de zinco).

Tabela 2 – Classificação dos pigmentos inorgânicos baseada na cor e propriedades químicas (In: MILANEZ, 2003, p.18).

4.4 PIGMENTOS NATURAIS

Os pigmentos naturais são aqueles encontrados na natureza e por um período muito longo estes foram os únicos pigmentos conhecidos e utilizados. Entre os pigmentos naturais mais utilizados podem-se mencionar os óxidos simples e em particular os óxidos de ferro, que dão origem a diversas colorações do amarelo ao marrom, e os

espinélios (minerais) contendo metais de transição (BONDIOLI; MANFREDINI; OLIVEIRA, 1998).

Óxidos simples naturais e espinélios encontram ainda hoje grande emprego industrial já que apresentam ótimas propriedades, capacidade de coloração e baixo custo. De fato, estes podem apresentar características intrínsecas diferentes e, portanto, serem pouco homogêneos e geralmente conterem diversos tipos e quantidades de impurezas (ELIZIÁRIO, 2007).

Pode-se observar na tabela 3 alguns pigmentos mais comuns à base de óxidos.

Cor	Componente	Fórmula	Variações de Cor
Vermelho	Óxido de ferro III	$\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$	Amarelo - Azul
Amarelo	Hidróxido de Ferro	$\alpha - \text{FeOOH}$	Verde - Vermelho
Preto	Óxido de ferro II e III	Fe_3O_4	Azul - Vermelho
Marrom	Óxido de ferro	Misturas	-
Verde	Óxido de Cromo	Cr_2O_3	Azul - Amarelo
Azul	Óxido de Cobalto	$\text{Co}(\text{Al},\text{Cr})_2\text{O}_4$	Vermelho - Verde

Tabela 3 – Demonstrativo dos produtos mais comuns à base de óxido. (In: ABIQUIM, 2012)

Os pigmentos naturais orgânicos que encontram-se nos alimentos, estão relacionados com importantes atividades biológicas. Seus efeitos benéficos em relação à saúde estão vinculados com suas propriedades antioxidantes, proteção contra danos oxidativos a componentes celulares, efeitos anti-inflamatórios e prevenção das doenças crônicas não transmissíveis (VOLP; RENHE; STRINGUETA, 2009).

4.5 PIGMENTOS SINTÉTICOS

Os pigmentos sintéticos, por sua vez, são preparados pelo homem mediante procedimentos químicos. O método mais utilizado industrialmente prevê a calcinação dos precursores que contêm elementos de transição. Neste caso, a reação, que ocorre no estado sólido, prevê a utilização de diferentes tipos e quantidades de mineralizadores (até 10% em peso) com o objetivo de diminuir as temperaturas de síntese, que variam dos 500 aos 1400 °C conforme o sistema considerado (CUNHA, 2009).

Apresentam um elevado grau de pureza, resultam colorações dificilmente obteníveis com pigmentos inorgânicos naturais e apresentam uma maior estabilidade química e térmica o que permite a coloração de materiais obtidos a elevadas temperaturas, entretanto são mais caros do que os pigmentos naturais (BONDIOLI; MANFREDINI; OLIVEIRA, 1998).

4.6 PROPRIEDADES

O valor de um pigmento depende das suas propriedades ópticas e físicas. Estas, por sua vez, dependem diretamente da estrutura cristalina do pigmento, das suas características físicas, como distribuição granulométrica, forma das partículas e grau de aglomeração, e características químicas, como composição, pureza e estabilidade. A propriedade mais importante a ser considerada é a capacidade de o pigmento desenvolver a cor (capacidade pigmentante) e tornar opaca a matriz na qual é disperso (ZAMPIERI; LONGO; LEITE, 2002).

4.6.1 Propriedades Óticas

De uma forma geral, a opacidade de um pigmento depende das dimensões das suas partículas e da diferença entre o índice de refração do pigmento e da matriz na qual

o pigmento se encontra disperso. Um pigmento com partículas de dimensões compreendidas entre 0,16 e 0,28 μm produz a máxima dispersão da luz visível (VIEIRA, 2007).

4.6.2 Propriedades Físicas

A tendência de um pigmento dispersar-se na matriz durante a aplicação industrial depende da área superficial específica e, portanto da distribuição granulométrica, do pigmento. Quanto mais fino é o pigmento, maior é a tendência de espalhar-se na matriz. A determinação da distribuição granulométrica ótima torna-se, portanto um compromisso entre as considerações de velocidade de dissolução e capacidade pigmentante. Para a maior parte das aplicações industriais, as partículas de pigmentos devem ter dimensões compreendidas entre 0,1 e 10 μm (BONDIOLI; MANFREDINI; OLIVEIRA, 1998).

4.6.3 Propriedades Químicas

O pigmento deve ser compatível com os componentes ao qual será incorporado, não apresentando reações químicas para que possa ser utilizado industrialmente. Muitos sistemas pigmentados mostram cores típicas ou mudança estrutural quando submetidos a uma intensa radiação ou à água. Esses processos envolvem uma reação fotoquímica em que o pigmento pode atuar como catalisador ou sofrer modificações químicas (MILANEZ, 2003).

A resistência à luz e à água depende da composição química, estrutura, defeitos, forma e tamanho das partículas e concentração do pigmento. Entretanto, essas propriedades dependem do meio em que o pigmento é utilizado. Os pigmentos de óxidos possuem maior estabilidade térmica. Essa por sua vez, é de grande importância, já que ela define os limites de trabalho e está relacionada a características intrínsecas de cada óxido e com a natureza das ligações destes (MILANEZ, 2003).

4.7 APLICAÇÕES

A importância dos pigmentos (tanto naturais quanto sintéticos) para o setor industrial é facilmente verificada pela variedade de cores que se pode visualizar no cotidiano. Os setores da indústria onde os pigmentos inorgânicos encontram maior aplicação são: plásticos, cosméticos, vernizes, papel, tecido, decoração, materiais de construção, cerâmicos em geral, inclusive restaurações cerâmicas odontológicas nas quais os pigmentos são adicionados para simular a cor dos dentes naturais. No entanto, o setor de aplicação dos diversos pigmentos depende intrinsecamente das propriedades apresentadas por estes materiais (MONTEDO et al., 2006).

Além dos setores mencionados, recentes tecnologias têm possibilitado o desenvolvimento de materiais que além de fornecerem cor apresentam propriedades importantes para o desempenho do material, tais como pigmentos anticorrosivos, pigmentos condutores, etc (AGUIAR, 2004).

4.8 AZUL DA PRÚSSIA

No século XVIII iniciou-se uma nova etapa na história dos pigmentos, a qual está profundamente relacionada com o desenvolvimento da química em geral, e em particular, com a descoberta de novos elementos e a síntese laboratorial de novos materiais (CRUZ, 2004).

Em 1704, *Heinrich Diesbach* um fabricante berlinense de corantes, tentava obter um pigmento vermelho através do sulfato de ferro e potássio. Quando notou que seu potássio havia acabado, pediu um pouco para seu amigo alquimista *Johann Konrad Dippel*, que havia feito um experimento anteriormente e sobrara um pouco de potássio contaminado com óleo animal (este estava previsto para ser jogado fora). Ao fazer a mistura da solução de sulfato de ferro com o potássio contaminado, em vez do vermelho forte que esperava, obteve a cor púrpura e em seguida um azul profundo. Foi-se então acidentalmente sintetizado o primeiro pigmento de coloração azul (BODDY-EVANS, 2012).

A figura 11 ilustra o pigmento em pó Azul da Prússia.



Figura 11 – Pigmento Azul da Prússia (In: MIGLIACCI, 2009).

Dippel e Diesbach se mudaram para Paris em conjunto e começaram então a produção do azul com o nome de Azul Parisiense. Mantiveram a produção como um segredo comercial, mas em 1724 a fórmula se tornou conhecida, e os químicos ingleses começaram a produzir o pigmento sintético (MINIATURES, 2004).

Devido, por um lado, à inexistência de um pigmento azul de cor intensa economicamente acessível, e, por outro lado, à preferência que esta cor ia ganhando por esta ocasião, rapidamente se tornou num dos pigmentos mais usados e quase fez desaparecer da paleta dos pintores os outros azuis (CRUZ, 2004).

O pigmento criado desde então é o ferrocianeto férrico, um composto de coordenação de fórmula $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ ele é popularmente conhecido como Azul da Prússia, ou PB pelo seu nome em inglês (*Prussian Blue*). Este nome se originou ao fato de ele ter sido muito utilizado na pintura dos uniformes dos militares Prussianos (MINIATURES, 2004).

O Azul da Prússia teve uma grande participação na medicina. Em 1986 ocorreu o acidente nuclear em Chernobil (Rússia) onde muitas pessoas foram irradiadas e ficaram contaminadas com Césio, o PB foi um dos principais medicamentos indicados aos pacientes contaminados. Um ano mais tarde, ocorreu o acidente nuclear em Goiânia, onde muitas pessoas também foram contaminadas com Césio e mais uma vez o pigmento azul foi fator decisivo na redução da contaminação radioativa dos pacientes (ARNALDO; MEDEIROS, 1988).

Na medicina o Azul da Prússia é usado na contaminação com Tálcio, Rubídio e principalmente com Césio. Ele não é absorvido pelo tubo gastrointestinal e é de baixa toxicidade. Funciona como uma resina de troca iônica. Os metais, que são excretados por via urinária, passam então a ser também eliminado pelas fezes. É também bastante aplicado em tintas para impressão e na área de cosméticos de sombra para os olhos (ARNALDO; MEDEIROS, 1988).

O aparecimento da cor no azul da Prússia é um caso particular, pois esse fenômeno deve-se à transferência de carga que ocorre entre os íons de ferro no estado de oxidação +2 (dos ligantes, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$) e os que se encontram no estado de oxidação +3 (íons centrais). A energia envolvida é menor, pois o estado fundamental e o estado excitado são neste caso energeticamente mais semelhantes, e, assim, a sua cor é diferente da dos outros pigmentos que devem a cor a transferências de carga (CRUZ, 2004).

A figura 12 apresenta a fórmula do ferrocianeto férrico.

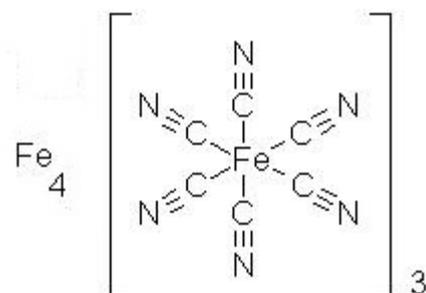


Figura 12 – Fórmula do Ferrocianeto Férrico (In: IFA, 2012).

5 APLICAÇÃO DA CROMATOGRAFIA DE PAPEL NO ENSINO MÉDIO

A vida em si já é um fantástico processo químico, no qual as transformações das substâncias nos permitem andar, pensar, sentir. As diversas sensações biológicas, como dor, cãibra e apetite, e as variadas reações psicológicas, como medo, alegria e felicidade, estão associadas às substâncias presentes em nosso organismo. O nosso corpo é um verdadeiro laboratório de transformações químicas (SANTOS et al., 2005).

Estudar Química não só nos permite compreender os fenômenos naturais. O seu conhecimento nos ajuda a entender o complexo mundo social em que vivemos. A aplicação de práticas que ilustrem a teoria consegue despertar o interesse da maioria dos alunos, principalmente se forem relacionadas com o cotidiano (FERREIRA; JUNIOR, 2007).

A cromatografia é um método de análise que tem a finalidade de efetuar separações, permitindo identificar e quantificar variadas misturas de compostos químicos (FRACETO, 2003).

Os métodos cromatográficos são utilizados para separar misturas contendo duas ou mais substâncias, e baseiam-se na distribuição diferencial dessas substâncias entre duas fases: a estacionária e a móvel (RIBEIRO, 2008).

Na chamada cromatografia de papel, a fase estacionária é a água. A fase móvel é o eluente que sobe pelo papel (suporte) carregando as substâncias que compõem as misturas, nesse caso, os pigmentos que compõem as tintas de canetas (SANTOS, 2008).

Essas substâncias sobem com velocidades diferentes, porque interagem de forma distinta com o eluente e com a água. As substâncias que tem mais afinidade pelo eluente sobem mais rapidamente, enquanto as que têm grande afinidade pela água são arrastadas mais lentamente (SANTOS, 2008).

Para o procedimento experimental, será utilizada a metodologia simples e dinâmica segundo Martínez (2012) que é descrita abaixo.

5.1 MATERIAIS NECESSÁRIOS

- Canetas esferográficas (marrom, roxa, rosa, verde);
- Fita adesiva;
- Béquer ou copo;
- Papel filtro;
- Papel alumínio;
- Régua;
- Tesoura;
- Álcool;

5.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O papel filtro será cortado em tira, enrolado na extremidade superior do lápis ou caneta e fixado com um pedaço de fita adesiva. O comprimento deve ser tal que sua extremidade inferior fique a aproximadamente 0,5 cm do fundo do frasco de vidro a ser utilizado.

Com um lápis será traçado, na tira de papel, uma linha 1,5 cm acima da extremidade inferior. Nessa linha, serão feitos quatro marcas a lápis, distando 1 cm de cada uma, e nas extremidades ficará 0,5 cm de distância de cada margem. Será escrito o número 1 sob a primeira marca, o 2 sob a segunda, e assim por diante, até o número 4. Nas marcas com os números 1, 2, 3 e 4 será aplicado uma mancha circular com caneta marrom, roxa, rosa e verde, respectivamente. Uma mancha não deve invadir a outra, e entre cada uma deve ficar um espaço de pelo menos 0,5 cm. Se alguma

mancha invadir a outra, será necessário cortar e fixar outra tira de papel, e repetir todo o procedimento descrito.

Será colocado o eluente (álcool) no frasco de vidro, até atingir 1,5 cm de altura.

Será colocada a tira de papel preparada bem reta, com o lápis ou a caneta apoiada no frasco de vidro, e será observado para que a camada de eluente fique próxima, mas não molhe inicialmente as manchas de tinta. Se isso ocorrer, será retirado um pouco do eluente do frasco, até que o nível no frasco não alcance as manchas.

A figura 13 ilustra como será o esquema de montagem para a cromatografia de papel.

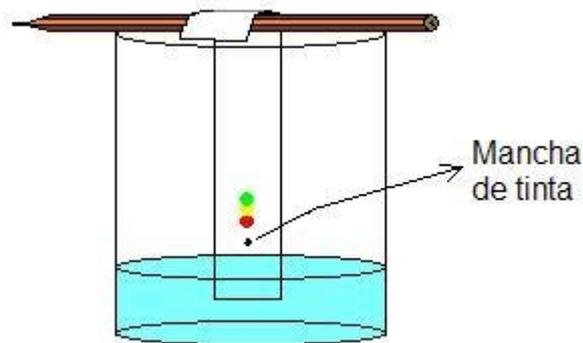


Figura 13 – Esquema ilustrativo da Cromatografia de Papel (In: MARTÍNEZ, 2012).

Será observado o papel à medida que o eluente sobe. Serão anotadas as observações. Após aproximadamente 30 minutos de observação, será retirada a tira de papel do frasco de vidro e será verificado o que ocorreu com as cores.

6 METODOLOGIA

6.1 MATERIAIS E REAGENTES

- FeCl_3
- $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- Água destilada
- Béquer de 50 mL
- Béquer de 250 mL
- Béquer de 500 mL
- Bico de bunsen
- Espátula
- Funil
- Goma xantana
- Kitassato
- Papel filtro
- Proveta
- Tela de amianto
- Tripé

6.2 EQUIPAMENTOS

- Balança Analítica, GEHAKA AG 200

- Bomba a vácuo
- Estufa de Secagem

6.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

6.3.1 Síntese do pigmento

Foi utilizado o método modificado de Ferreira; Cristóvão; Candeias (2011), para a obtenção do pigmento Azul da Prússia.

Pesou-se 2,0365 g de Cloreto Férrico na balança analítica e em seguida, transferiu-se o reagente para um béquer de 250 mL e com o auxílio da proveta, adicionou-se 100 mL de água destilada; com a espátula agitou-se a solução até a dissolução completa do sal e reservou-se. Em seguida, pesou-se 1,0035 g de Ferrocianeto de Potássio e transferiu-se o sal para outro béquer de 250 mL, preparou-se a solução adicionando 200 mL de água destilada; agitou-se até a dissolução completa do sal.

Transferiu-se a solução do cloreto férrico e a solução do ferrocianeto de potássio para um béquer de 500 mL. Aqueceu-se a solução por cerca de 60 minutos até que se evaporou a água restando somente um precipitado de cor escura. Levou-se o mesmo béquer para a estufa a 150°C por 45 minutos para se secar totalmente o precipitado que era pigmento obtido.

6.3.2 Produção da tinta guache

Depois que o pigmento foi resfriado à temperatura ambiente, pesou-se em um béquer de 50 mL 1,0385 g. Adicionou-se 15 mL de água destilada e 20,0315 g de goma xantana. Agitou-se bem até a homogeneização e obteve-se uma tinta do tipo guache de coloração azul.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As soluções iniciais de ferrocianeto de potássio e cloreto férrico apresentavam inicialmente coloração amarela e laranja, respectivamente conforme a figura 14.

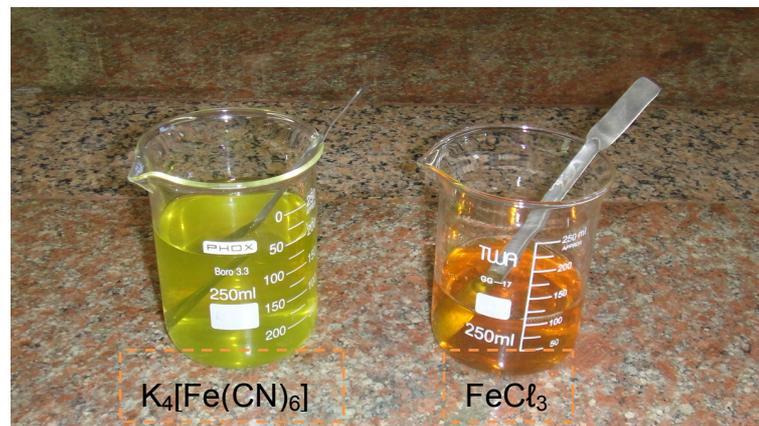


Figura 14 – Ferrocianeto de Potássio e Cloreto Férrico.

Após a mistura das duas soluções, obtive um complexo, o ferrocianeto férrico e um sal o cloreto de potássio. O complexo é o pigmento Azul da Prússia que é insolúvel em água e se encontrava disperso no solvente. Já o sal, é totalmente solúvel no meio.

Segundo Ferreira; Cristóvão; Candeias (2011), para podermos coletar somente o precipitado que é o pigmento PB, a solução teria que ser filtrada e depois lavada para que não houvesse indícios do sal junto com o pigmento, porém as partículas do pigmento eram tão finas que ao ser filtrado, passaram praticamente todas pelos poros do papel filtro não sendo possível obter todo o pigmento.

A figura 15 mostra o resultado da filtração da solução para a obtenção do pigmento Azul Prussiano.

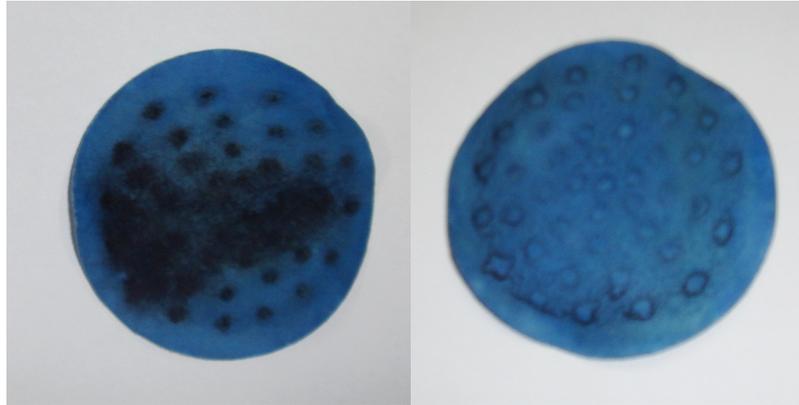


Figura 15 – Filtro de papel utilizado para a filtração do Azul da Prússia.

O resultado da filtração demonstrou que o método proposto por Ferreira; Cristóvão; Candeias (2011) não foi satisfatório para a obtenção do pigmento, sendo que a maior parte passou pelo filtro juntamente com a matriz qual ele estava disperso.

Foram preparadas as soluções iniciais novamente e estas foram misturadas para obter-se, através da reação das duas, o ferrocianeto férrico e o sal cloreto de potássio. Ao invés da filtração, a solução foi aquecida em fogo até a evaporação de quase toda a água presente, como ilustra a figura 16.



Figura 16 – Solução sendo aquecida para a evaporação da água.

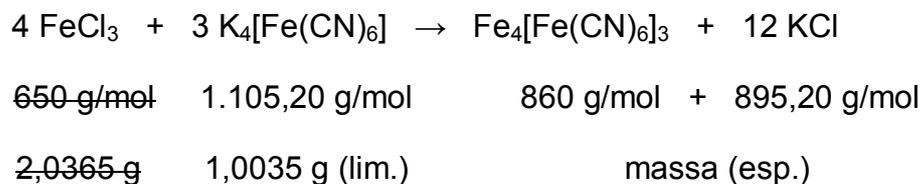
Após 60 minutos de aquecimento, o resíduo foi levado para a estufa pré-aquecida a 150°C por 45 minutos para a total evaporação da água presente. O pó então obtido era o pigmento Azul da Prússia que não estava totalmente puro, pois continha o sal cloreto de potássio que não foi possível removê-lo da solução.

O resultado é apresentado na figura 17 (Pigmento Azul da Prússia e o sal cloreto de potássio, ambos sob forma de cristais).



Figura 17 – Resíduo resultante da evaporação da solução.

Como não foi possível à obtenção do pigmento puro, foi calculado o rendimento total da solução, que é demonstrado através dos cálculos e reação abaixo:



O reagente limitante da reação é o ferrocianeto de potássio. A quantidade de cloreto férrico que participou da reação foi somente 0,5902 g. Sobrando assim 1,4463 g do reagente sem reagir.

Calculando a massa esperada teórica do produto total, fazemos a regra de três conforme a equação abaixo:

$$m = \frac{1.761,3432}{1.105,20}$$

$$m = 1,5937 \text{ g}$$

Porém como o cálculo está sendo para o rendimento total da reação, não pode-se menosprezar a quantidade do reagente em excesso, nesse caso o cloreto férrico que não reagiu. Somando à massa esperada, o valor de 1,4463 g do reagente em excesso, podemos calcular o rendimento da reação da seguinte forma:

$$R = \frac{m.(obt)}{m.(esp) + reag.exc.}, \text{ onde a abreviatura de } obt \text{ (obtida) e } esp \text{ (esperada).}$$

$$R = \frac{2,8319}{1,5937 + 1,4463}$$

$$R = 0,9315 \text{ ou } 93,15\%$$

Apesar de não ser possível a realização de análise por espectroscopia de IV para a determinação do grupo funcional do pigmento ou a difração de raios X para comparar os difratogramas obtidos com os respectivos padrões das fichas de difração de pós; por consequência da falta desses equipamentos no campus da FEMA, pode-se afirmar que foi possível sintetizar o pigmento Azul da Prússia quando o colocamos em contato com a água e comparamos sua cor (figura 19), com a cor padrão segundo Ferreira; Cristóvão; Candeias (2011), (figura 18).



Figura 18 – Cor padrão de Azul da Prússia (In: FERREIRA; CRISTÓVÃO; CANDEIAS, 2011).



Figura 19 – Pigmento PB obtido disperso em água.

Em seguida, o cristal foi utilizado para a produção de uma tinta do tipo guache. O resultado desta foi satisfatório, pois apresentou total fixação sobre o papel e o pigmento não perdeu sua propriedade física de cor viva que o Azul da Prússia tem.

A figura 19 representa a tinta guache produzida com o ferrocianeto férrico.

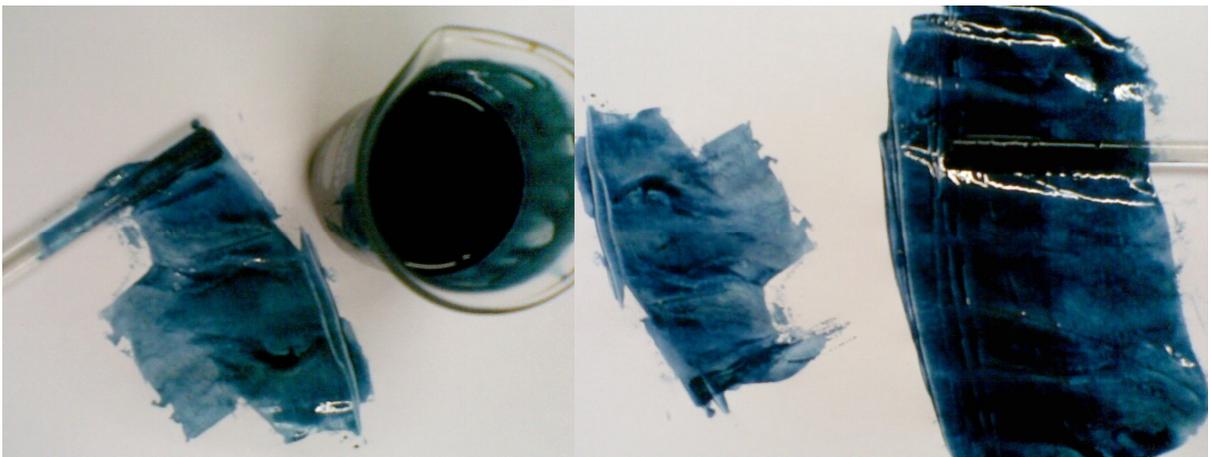


Figura 20 – Tinta guache confeccionada a partir do pigmento Azul da Prússia.

De acordo com a lista de preços de reagentes da QUIMIBRAS, (2012) o valor para a síntese do pigmento em estudo é moderado, sendo que dependendo de sua aplicação, seu retorno pode ser significativo.

8 CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos, inferiu-se que foi possível a síntese do pigmento Azul da Prússia, porém sua coleta como cristal não deve ser feita segundo o método descrito por Ferreira; Cristóvão; Candeias (2011), e sim através da evaporação da água pelo aquecimento. Contudo, ainda deve ser estudado um método para a separação do pigmento puro, sem a presença do sal cloreto de potássio.

A utilização do pigmento para a produção da tinta guache foi eficaz, tendo em vista que o teor de coloração por dispersão supriu o esperado.

REFERÊNCIAS

ABIQUIM, Associação Brasileira da Indústria Química. **Atividades Setoriais: Corantes e Pigmentos**. Vila Olímpia – São Paulo. Disponível em: <<http://www.abiquim.org.br/corantes/cor.asp>>. Acesso em: 14 out. 2011.

ADOBE, Photoshop. **Compreensão das Cores**. Disponível em: <http://help.adobe.com/pt_BR/photoshop/cs/using/WS705A7236-E699-4730-A893-59B0C3F1B756a.html>. Acesso em: 04 jul. 2012.

AGUIAR, R. Desenvolvimento do Pigmento Condutor $\text{SnO}_2 - \text{Sb}_2\text{O}_3$ e sua Aplicação em Vidrados Semicondutores. **Cerâmica**, v.50, n.314, abr/jun, 2004. p. 134-137.

ARNALDO, Paulo; MEDEIROS, João Alfredo. Produção do Azul da Prússia na Marinha. **Arquivos Brasileiros de Medicina Naval**, v.50, n.1, 1988. p. 57-58.

ARTEBLOG. **Psicologia e Magia na Arte Pré-Histórica**. Disponível em: <<http://arteonirica.arteblog.com.br/86048/Psicologia-e-Magia-na-Arte-Pre-Historica/>>. Acesso em: 18 jul. 2012.

BARTHELMESS, Artur. **Química Geral II, No Mundo dos Orbitais**, edição eletrônica refundida pelo autor. Caiobá, 2006.

BERTULANI, C. A. **Luz e Cor**. Disponível em: <<http://www.if.ufrj.br/teaching/luz/cor.html>>. Acesso em: 04 jul. 2012.

BODDY-EVANS, Marion. **Artist's Pigments: The Accidental Discovery of Prussian Blue Paint**. Disponível em:

<<http://painting.about.com/cs/colourtheory/a/prussianblue.htm>>. Acesso em: 19 jul 2012

BONDIOLI, F.; MANFREDINI, T.; OLIVEIRA, A. P. N de. Pigmentos Inorgânicos: Projeto, Produção e Aplicação Industrial. **Cerâmica Industrial**, v.3, julho/dezembro, 1998. p. 4-6.

CASQUEIRA, R. G.; SAMPAIO, J. A. Produção de Pigmentos Inorgânicos com Base em Insumos Mineraiis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 17, 2006. Foz do Iguaçu, Brasil. **Resumos**.

CASQUEIRA, Rui de Goes; SANTOS, Shirleny Fontes. **Pigmentos Inorgânicos: Propriedades, Métodos de Síntese e Aplicações**. 2008. 46p. Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, 2008.

CRUZ, António João. **As cores dos artistas – História e ciência dos pigmentos utilizados em pintura**. Disponível em: <<http://ciarte.no.sapo.pt/textos/html/200401/200401.html>>. Acesso em: 19 jul. 2012.

CRUZ, Edson Costa P. da; BARBOSA, Fernanda. **Química – Classificação Periódica dos Elementos**. Curitiba: Editora IESDE Brasil S.A., 2008.

CUNHA, Jeferson Mendes. **Tratamento de Efluentes Têxteis Através do Processo de Adsorção em Adsorventes de Baixo Custo – Uma Revisão**. 2009. 56p. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Química – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

DYNÂMICO, Colégio Pré-Vestibular. **Tabela Periódica**. Disponível em: <http://www.webvestiba.com.br/app/Files/AP._2_QU%C3%8DMICA_1_Demo.pdf>. Acesso em 17 jul. 2012.

EDUCAR. **Ótica Para Alunos do Ensino Médio**. Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br/optica/curiosid.htm>>. Acesso em: 04 jul. 2012.

ELIZIÁRIO, Sayonara Andrade. **Pigmentos de Estrutura Espinélio à Base de Cromo Trivalente**. 2007. 124 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Química – Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, João Pessoa, 2007.

FELTRE, Ricardo. **Química**, 6. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2004.

FERREIRA, O. L. S.; JUNIOR, G. E. L. **Uma Proposta de Abordagem para o Assunto de Colóides no Ensino Médio**. Associação Brasileira de Química - Seção Regional do Rio Grande do Norte (ABQ-RN). Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/6/6-280-179.htm>>. Acesso em: 18 jul. 2012.

FERREIRA, Teodora; CRISTOVÃO, Raquel; CANDEIAS, Antônio E. **Síntese e Caracterização de Pigmentos**. Disponível em: <http://www.spq.pt/boletim/docs/BoletimSPQ_090_061_11.pdf>. Acesso em: 27 out. 2012.

FILHO, Djalma Albuquerque Barros; DANTONI, Patrícia; IMBERNOM, Rosely A. L.; NETTO, Silvania Maria. **Distribuição Eletrônica e Tabela Periódica dos Elementos**. Curso de Engenharia Básico – UNIBAN – São Paulo, 2006.

FRACETO, Leonardo Fernandes; LIMA, Sílvio Luís Toledo de. Aplicação da Cromatografia em Papel na Separação de Corantes em Pastilhas de Chocolate. **Química Nova na Escola**, n. 18, Novembro, 2003, p. 46-48.

GONÇALVEZ, Daniel Machado; SOUSA, Elaine Cristina Melo de; BRITO, Juliana Cristina Ribeiro de; CAMPOS, Julio Cesar Queiroz de; MALAQUIAS, Moisés

Resende Marins; TEIXEIRA, Roberto Carlos. **Corantes e Pigmentos Orgânicos** – Grupo VIII. 2010. 42p. Monografia – Engenharia de Produção – UNIGRANRIO, Rio de Janeiro, Duque de Caxias, 2010.

IFA, Institut Für Arbeitsschutz. **Gestis Substance Database**. Disponível em: <[http://gestis-en.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_en/005440.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$3.0](http://gestis-en.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_en/005440.xml?f=templates$fn=default.htm$3.0)>. Acesso em: 19 de jul. 2012

KLEIN, Stanlei K. **Os Metais de Transição do Bloco d**. Disponível em: <http://inorgan221.iq.unesp.br/quimgeral/metaltr/Metais_Trans.htm>. Acesso em: 11 jul. 2012.

LIRA, Júlio César Lima. **Metais de Transição**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/quimica/metais-de-transicao/>>. Acesso em: 12 jul. 2012.

LISBOA, Julio Cesar Foschini. **Química, 1º ano: ensino médio**, 1. ed. São Paulo: Editora SM, 2010.

MARTÍNEZ, Pedro. **Cromatografía: ¿Qué hay en una gota de tinta?** Disponível em: <http://platea.pntic.mec.es/pmarti1/educacion/3_eso_materiales/b_ii/actividades/act_cromatografia.htm>. Acesso em: 24 out. 2012.

MARTINS, Tereza S.; ISOLANI, Paulo Celso. Terras Raras: Aplicações Industriais e Biológicas. **Química Nova**, v. 28, n. 1, 2005. p. 111-117.

MELCHIADES, Fábio G.; BOSCHI, Anselmo O. Cores e Tonalidades em Revestimentos Cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v.9, n.1-6, janeiro/dezembro, 1999. p. 11-18.

MIGLIACCI, Paulo. **"Acidente" leva químico a produzir um novo tom de azul.** Disponível em: <<http://noticias.terra.com.br/ciencia/noticias/0,,OI4131840-EI8147,00-Acidente+leva+quimico+a+produzir+um+novo+tom+de+azul.html>>. Acesso em: 19 jul. 2012

MILANEZ, Kênia Warmling. **Incorporação de Resíduo de Galvanoplastia na Produção de Pigmentos Inorgânicos.** 2003. 74p. Dissertação (Mestrado) – Pós Graduação em Engenharia Química – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MINIATURES. **Parisian or Prussian Blue.** Disponível em <<http://www.miniatures.de/preussisch-blau.html>>. Acesso em: 17 jul. 2012.

MONTEDO, O. R. K.; DELLA, V. P.; REITZ, G. M.; HOTZA, D.; OLIVEIRA, A. P. N. Obtenção de Pigmentos de Óxido de Ferro a partir de Resíduos Siderúrgicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 17, 2006, Foz do Iguaçu, Brasil. **Anais do 48º Congresso Brasileiro de Cerâmica**, novembro, 2006, p. 1-7.

MORENO, Luciano. **Teoria da cor, Propriedades das cores.** Criar Web. Disponível em: <<http://www.criarweb.com/artigos/teoria-da-cor-propriedades-das-cores.html>>. Acesso em: 04 jun. 2012.

NEVES, Adalberto Felipe da Silva. **Metais de Transição.** Caratinga – MG. Disponível em: <<http://www.tabelaperiodica.hd1.com.br/metais-de-transicao.htm>>. Acesso em 11 jun. 2012.

OLIVEIRA, Cristina. **Teste de Chama.** Disponível em: <http://muitomaisquimica.blogspot.com.br/2010_10_01_archive.html>. Acesso em: 17 jul. 2012.

QUIMIBRAS. **Linha de Produtos, Lista de preços, REAGER®**. Disponível em: <http://www.quimibras.com.br/homepage/produtos/index_reagen.html>. Acesso em: 27 out. 2012.

RIBEIRO, Núbia Moura; NUNES, Carolina Rodeiro. Análise de Pigmentos de Pimentões por Cromatografia em Papel. **Química Nova na Escola**, n. 29, Agosto, 2008, p. 34-37.

SANTOS, Núbia Daniela dos. **Cromatografia**. UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Disponível em: <http://cac.php.unioeste.br/projetos/necto/arquivos2008/cromatografia_nubia_santos.pdf>. Acesso em: 18 out. 2011.

SANTOS, Shirleny F.; de ANDRADE, Mônica Calixto; SAMPAIO, João Alves; da LUZ, Adão Benvindo; OGASAWARA, Tsuneharu. Síntese de Pigmentos Cerâmicos de TiO_2-xCeO_2 Pelo Método dos Precursores Poliméricos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 37, 2006, Blumenau, Brasil. **Proceedings of the 50th Annual Meeting of the Brazilian Ceramic Society**, maio, 2006, 12p.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MÓL, Gerson de Souza; MATSUNAGA, Roseli Takako; DIB, Siland Meiry França; CASTRO, Eliane Nilvana F. de; SILVA, Gentil de Souza; Santos, Sandra Maria de Oliveira; Farias, Salvia Barbosa. **Química & Sociedade**, 1. ed. São Paulo: Editora Nova Geração, 2005.

SCIENTIA, Dan. **A relação da frequência com o comprimento de onda eletromagnética**. Disponível em: <<http://dan-scientia.blogspot.com.br/2010/03/relacao-da-frequencia-com-o-comprimento.html>>. Acesso em: 16 jul. 2012.

SILVA, Frederico Corrêa da. **Um estudo sobre algoritmos genéticos, lógica fuzzy e técnicas para segmentação e classificação em imagens médicas**. 2008. 67p.

Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Informática. Universidade Católica de Pelotas, Pelotas, 2008.

SILVA, Renata Ferreira Lins da. **Influência do Contra-Íon Molibdênio nas Propriedades do Pigmento SnO₂:Cr**. 2008. 84p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Química – Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, João Pessoa, 2008.

VIEIRA, Fagner Ticiano Gomes. **Influência dos contra-íons (antimônio ou molibdênio) em Pigmentos à base de TiO₂:Cr**. 2007. 87p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Química – Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, João Pessoa, 2007.

VOLP, Ana Carolina Pinheiro; RENHE, Isis Rodrigues Toledo; STRINGUETA, Paulo César. Pigmentos Naturais Bioativos. In: ALIM. NUTR., ARARAQUARA, 1, 2009, Araraquara, Brasil. v.20. jan/mar, 2009, p.157-166.

WALDOW, Patrícia. **Ergonomia: Conforto Visual**. 2010. 17p. Pesquisa de pós-graduação – Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do Bugres, 2010. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/57284815/Trabalho-Pati>>. Acesso em: 12 jul. 2012.

WIKIPÉDIA. **Azul da Prússia**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Azul_da_pr%C3%BAssia>. Acesso em: 27 out. 2012.

WIKIPÉDIA. **Retina**. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Retina>>. Acesso em 16 jul. 2012.

WIKIPÉDIA. **Orbital atômico**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Orbital_at%C3%B4mico#Orbital_d>. Acesso em: 19 jul. 2012

WIKIPÉDIA. **Teoria das cores.** Disponível em:
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Teoria_das_cores>. Acesso em: 04 jul. 2012.

ZASSO, C. F. A Influência da Granulometria de Corantes e Esmaltes no Desenvolvimento das Cores. **Cerâmica Industrial**, v. 2, n. 3, 1997, p. 41-49.