

Caracterização do lodo proveniente da ETA para possível aplicação na indústria cosmética

Anatana Mileide Wachholz*; Karina Castro de Amorim; Mayara Cristina de Azevedo

Acadêmicos do curso Técnico em Químico (Modalidade Integrado), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Câmpus Jaraguá do Sul
*email: anatanamw@gmail.com

Giovani Pakuszewski

Docente da Unidade Curricular de Química Analítica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Câmpus Jaraguá do Sul.
e-mail: giovani.quimica@gmail.com

Ana Paula Duarte Souza

Mestre em ciência do solo/UFPR, Química Ambiental e licenciada em Química/UTFPR
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Câmpus Jaraguá do Sul
email: ana.duarte@ifsc.edu.br

Resumo: O objetivo deste estudo propõe a preparação e caracterização físico-química do pó cerâmico do lodo proveniente da ETA (Estação de Tratamento de Água) do SAMAE para possível aplicação na indústria cosmética, assim dando uma finalidade sustentável para esse resíduo, conseqüentemente, diminuindo a quantidade de matéria destinada para o aterro sanitário. Foram preparadas amostras para testes quantitativos de determinação de sódio, potássio, fósforo, alumínio e matéria orgânica. E testes qualitativos como pH, difração de raios X (DRX) e fluorescência de raios X (FRX). Para comparações, foram realizados alguns testes com o lodo do rio. Dentre os resultados, foi obtido o teor de óxidos componentes das amostras, destacando o SiO_2 (46%) e Al_2O_3 (28%), os quais dão indícios da presença do caulim, um dos principais ingredientes para a formulação do pó facial, entre outros óxidos e minerais.

Palavras-Chave: lodo da ETA; pó cerâmico; indústria cosmética.

Abstract: The aim of this work is to investigate the preparation and physical-chemical characterization of ceramic powder from SAMAE (Water Treatment Station) for possible applications in the cosmetic industry, thus providing a sustainable purpose for this waste, consequently, reducing the amount of material intended to the landfill. Samples were prepared for quantitative tests to determine sodium, potassium, phosphorus, aluminum and organic matter. And qualitative tests such as pH, X-ray diffraction (XRD) and X-ray fluorescence (XRF). For comparisons, some tests were carried out with the river sludge. Among the results, the component oxides content of the samples was obtained, highlighting SiO_2 (46%) and Al_2O_3 (28%), which give evidence of the presence of kaolin, one of the main ingredients for the powder facial formulation, and other oxides and minerals.

Keywords: sludge from WTS; ceramic powder; cosmetic industry.

1. Introdução

Conforme Tartari *et al.* (2011), o lodo é uma reserva de terras misturadas a matéria orgânica em decomposição, que se produz no fundo das águas do mar, rios, lagos, entre outros locais inundados ou em meio aquoso.

No tratamento da água para abastecimento público, os processos de coagulação e floculação têm como finalidade transformar material solubilizado, partículas em suspensão fina ou estado coloidal, em agregados maiores. A remoção destes agregados resulta no acúmulo de lodo no fundo do tanque de decantação. Este material possui matéria orgânica, inorgânica (como argila e areia), e resíduos de compostos químicos usados nesta etapa da estação de tratamento de água (ETA) (GUERRA & ANGELIS, 2005).

A instituição responsável pelo tratamento de água da cidade (SAMAE - Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto) segue a Resolução Conama nº 357/2005 para descarte deste lodo, o qual é tratado como resíduo sólido e direcionado ao aterro sanitário após passagem em filtro prensa, onde permanece inerte.

A presente pesquisa visa a aplicação dos componentes do pó cerâmico proveniente do lodo gerado em ETA na indústria cosmética, especificamente na produção do pó facial. Uma vez que a formulação típica deste produto incorpora argilominerais como caulim ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) e talco ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), que possuem função absorvente, e, o óxido de zinco (ZnO) que é utilizado como adstringente, como se pode observar na tabela 1.

Tabela 1 - Formulação típica do pó facial

Ingrediente	Função	Porcentagem
Talco	Absorvente	60-70%
Óxido de zinco	Adstringente	10-15%
Caulim	Absorvente	10-15%
Estearatos de magnésio e zinco	Textura	5-25%
Álcool cetílico	Fixador	1%
Óleo mineral	Emoliente	2%
Lanolina, perfume, tintura	Amolecer, cheiro, cor	2%

Fonte: MOORE, 2008

Para as análises deste material, foram realizados alguns procedimentos de preparação de amostra, como a calcinação do lodo da ETA e do lodo proveniente do rio. Segundo SILVA *et. al* (1999), a calcinação utiliza a gravimetria, a princípio, como forma

de determinar o carbono orgânico e remover outros gases fortemente ligados. Porém, esta técnica possui interferentes de acordo com a temperatura, sendo que altas temperaturas podem implicar perdas de água estrutural (componente da estrutura dos minerais do solo), superestimação do carbono e perda de compostos inorgânicos.

As análises foram realizadas com intuito de caracterização do lodo de ETA e de determinação da real viabilidade da aplicação deste material na formulação do pó facial.

O lodo do rio foi coletado e analisado para algumas comparações com o material de estudo (lodo da ETA), como alumínio trocável para verificar o quão influente no lodo é a adição de hidroxidreto de alumínio (coagulante químico), o teor de umidade para a verificação da eficiência do filtro-prensa, a perda de massa por calcinação e as análises qualitativas para verificar a disparidade de argilominerais presentes nos mesmos.

2. Materiais e métodos

2.1 Preparação de amostras

Esta etapa de preparo de amostras foi baseada nas metodologias descritas por EMBRAPA (1997).

2.1.1 Coleta

Para obter o material do lodo da ETA e do rio, foram realizadas duas coletas. A primeira ocorreu na empresa de tratamento de água, SAMAE, de Jaraguá do Sul. O lodo retirado no processo de ETA provém dos tanques de decantação e passa por um filtro prensa para a retirada do excesso de água. Levou-se a amostra ao laboratório do IFSC para as análises posteriores. Para a outra amostra, procedeu-se a coleta em um ponto mais acessível do rio no bairro Santo Antônio de Jaraguá do Sul. A água foi obtida em baldes juntamente com o lodo em dispersão o qual foi filtrado em tecido de malha.

2.1.2 Secagem

Parte do lodo da ETA foi disposto em uma forma e inserido em estufa a 105 °C até sua completa secagem. O restante do material foi seco pela metodologia TFSA (terra fina seca ao ar). O lodo proveniente do rio foi seco a 50°C em estufa.

2.1.3 Calcinação (redução de massas)

Três cadinhos, com o lodo já seco, foram colocados na mufla na temperatura de 550 °C por 4 horas. Em seguida foram para o dessecador e depois de frios foram pesados em balança analítica. O mesmo procedimento foi repetido para o lodo do rio.

2.1.4 Moagem

Foi realizada a moagem dos lodos em panela de moagem revestida por carbetto de tungstênio, padronizando a granulometria em aproximadamente 0,004 mm.

2.2 Análises quantitativas

Os testes a seguir foram realizados com base nas metodologias descritas por Engelmann e Pereira (2016).

2.2.1 Teste de umidade

Em 3 cadinhos de porcelana foram dispostos aproximadamente 10 g de lodo, não calcinado e não seco, para o teste de umidade os quais foram levados à estufa a 105°C. A cada uma hora, o material era levado ao dessecador para o resfriamento e em seguida, foi pesado para verificar se ainda havia variação de massa. Foi realizado este procedimento até a estabilização da massa de lodo. Os mesmos procedimentos foram aplicados para o lodo proveniente do rio.

2.2.3 Teor de matéria orgânica (M.O.)

Foram pesados 20 g de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) e diluídos em um béquer com 100 mL de água destilada. Esta solução foi transferida para um balão volumétrico de 250 mL, adicionado cuidadosamente 28 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, e deixado em repouso em um béquer com água para a perda de temperatura da solução. Posteriormente, o balão foi completado com água até a marca do menisco. Foram cachimbados 10cm³ de lodo da ETA (amostra 2.1.2), e o material foi transferido para um erlenmeyer. Em seguida foram adicionados 20 mL da solução anteriormente preparada e após 20 minutos, foi diluído para 100 mL e deixado reagir durante dois dias. Após os procedimentos, foi realizada a varredura do espectro da solução mãe de dicromato de potássio e verificado o melhor comprimento de onda, com varredura no espectrofotômetro, para a análise o qual foi de 490nm. Foi feita a curva de calibração da solução de dicromato de potássio através da leitura no espectrofotômetro eletrônico seguida da leitura da amostra.

2.2.4 Quantificação de potássio (K)

Foi feita uma solução Mehlich, adicionou-se 50 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,0125 mol L⁻¹ em 50 mL de ácido clorídrico 0,05 mol L⁻¹. Foram cachimbados 10 cm³ de

lodo da ETA (amostra 2.1.2), transferido para um erlenmeyer de 125 mL e realizada uma abertura de amostra com a adição de 100 mL da solução mehlich. Esta mistura foi agitada durante 10 minutos e deixada em repouso durante dois dias. Foram retirados cerca de 25 mL de sobrenadante da amostra preparada para a determinação de potássio através de leitura no fotômetro de chama.

2.2.4 Quantificação de alumínio trocável ($Al_{Troc.}$)

Foi preparada uma solução de cloreto de potássio (KCl) 1 mol.L^{-1} , posteriormente, cachimbado 10 cm^3 de lodo da ETA (amostra 2.1.2) e feita uma suspensão com 100 mL da solução anteriormente preparada em um erlenmeyer de 125 mL. Esta mistura foi agitada durante 5 minutos e deixada em repouso durante dois dias.

Posteriormente, foi retirada uma alíquota de 1 mL de sobrenadante da amostra. À esta foram adicionadas 3 gotas de azul de bromotimol em um béquer e foi executada a titulação para a quantificação de Al^{+3} com hidróxido de sódio (NaOH) $0,0002 \text{ mol L}^{-1}$

2.3 Análises qualitativas

2.3.1 pH

Foram preparados 100 mL de solução de cloreto de cálcio ($CaCl_2$) $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ e conferido o pH com o auxílio de um pHmetro. Foram cachimbados 10 cm^3 de lodo da ETA (amostra 2.1.2) e o material foi transferido para um béquer de 250 mL. Em seguida, foi adicionada a solução anteriormente preparada ao lodo e, a suspensão formada, foi agitada durante 15 minutos e deixada em repouso por 40 minutos. Para a medição do pH, foi utilizado um pHmetro já calibrado com soluções padrões de pH 7,0 e 4,0. O mesmo foi realizado para a amostra de lodo da ETA calcinado (amostra 2.1.3).

2.3.2 Difração de raios X (DRX)

Esta técnica foi realizada no laboratório de análise de minerais e rochas (LAMIR) da Universidade Federal do Paraná. Foi realizada a moagem (item 2.1.4) das amostras do lodo de rio seco (item 2.1.2) e do lodo da ETA calcinado (item 2.1.3). As amostras previamente moídas e homogeneizadas foram prensadas em porta-amostras e analisada no equipamento de difração de raios X, marca Panalytical, modelo EMPYREAN com varredura de 3° por minuto.

2.3.3 Fluorescência de raios X (FRX)

A análise, também realizada no laboratório LAMIR, seguiu os princípios de preparação de amostra do DRX. Após as amostras moídas, as mesmas foram levadas a mufla para perda ao fogo a 1000 °C por duas horas e em seguida preparadas em pastilha prensada realizada a partir da prensagem de 5,0 g de amostra e 1,0 g de cera ($C_{18}H_{36}O_2N_2$). e analisada em no equipamento de fluorescência de raios X Panalytical, modelo Axios Max: tubo Ródio 4 kv.

3. Resultados e Discussão

3.1 Análises quantitativas

3.1.1 Teste de umidade

Após a coleta dos lodos de ETA e de rio, iniciou-se uma série de análises laboratoriais a fim de caracterizar os mesmos. Um dos parâmetros analisados foi o teor de umidade de ambos os lodos, obtendo 63% e 70% para os lodos de ETA e de rio, respectivamente. A diferença entre esses percentuais se deve ao fato de que o lodo de ETA passa pelo filtro-prensa, o qual faz com que o mesmo fique compactado eliminando o excesso de água, o que também interfere no tempo de evaporação da água. Durante os ensaios, a massa do lodo de rio estabilizou em 6 h 30 min, enquanto a massa do lodo de ETA estabilizou em 7 h 30 min. Todavia, a diferença entre os teores de umidade foi de 7%, o que demonstra que o processo de prensagem do lodo de ETA não é tão eficiente como o esperado.

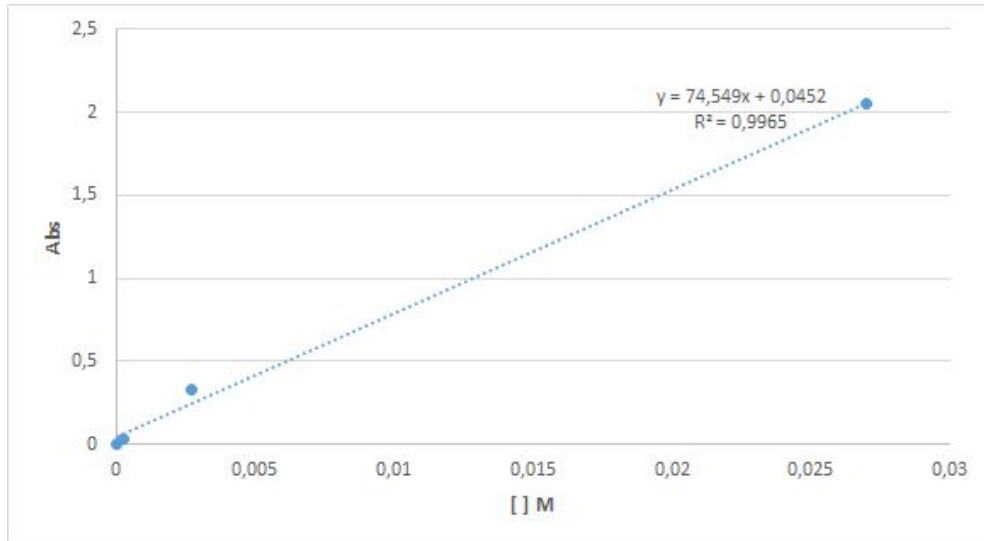
3.1.2 Calcinação - redução de massas

Posteriormente à etapa de secagem na estufa, foram feitas triplicatas em cadinhos com os lodos de rio e de ETA secos. Estes foram levados à mufla para a estimativa da redução de massas. Com este método foram obtidas reduções de 12% e 17% respectivamente, para os lodos de rio e de ETA. O lodo de ETA apresentou maior redução de massa devido ao processo de prensagem do lodo após a etapa de decantação da água. Esta etapa do processo de tratamento da água gera uma grande concentração de lodo e de microorganismos, e, conseqüentemente, gera mais resíduos orgânicos no lodo de ETA do que no lodo de rio. Entretanto, conforme Neto & Neto (2009), este processo de calcinação não apenas transforma a matéria orgânica em CO_2 e H_2O , como também promove a reação de íons metálicos que se tornam óxidos metálicos. Partindo disso, realizou-se outro teste para a determinação do teor de matéria orgânica com $K_2Cr_2O_7$.

3.1.3 Teor de matéria orgânica

A fim de determinar o teor de matéria orgânica no lodo de ETA não-calcinado fez-se uma curva de calibração de $K_2Cr_2O_7$ (fig. 1) para que, então, fosse possível sua quantificação.

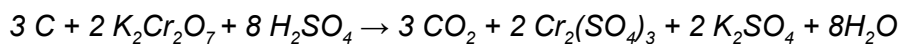
Figura 1 - Curva de Calibração de $K_2Cr_2O_7$



Fonte: Elaborado pelo grupo

Utilizando-se da equação matemática $y = 74,549x + 0,0452$ obtida pela curva de calibração, foram quantificados os teores inicial e final de $K_2Cr_2O_7$, sendo, respectivamente, 0,042 M e 0,010 M, o que indica a reação de 0,03 2M da mesma substância com o lodo de ETA. A determinação do teor de matéria orgânica do solo baseia-se na oxidação desta a CO_2 por íons dicromato em meio fortemente ácido, reduzindo o íon dicromato (cromo hexavalente Cr^{+6}) a cromo trivalente (Cr^{+3}) (BAZONI *et al.*, 20_?). Como pode ser observado na equação química 1:

Equação 1 - Relação estequiométrica entre teor de C e $K_2Cr_2O_7$



Assim pode-se calcular que lodo de ETA contém, aproximadamente, 0,048 mol/dm³ de matéria orgânica, equivalente à 8% da amostra total.

Considerando os estudos (RIBEIRO, 2012; OLIVEIRA, 2004) realizados com lodo de ETA, o teor de matéria orgânica obtido nesta análise é consideravelmente alto, visto que para aplicação na indústria cosmética não poderia ser utilizado sem o procedimento da calcinação (item 3.1.2), já que a mesma retira a matéria orgânica que poderia causar patologias (RIBEIRO, 2012)

3.1.4 Quantificação de potássio (K)

O potássio é um importante ativo para o metabolismo celular, pois aumenta o fluxo de água intracelular. Cerca de 90% do potássio no corpo humano encontra-se no meio intracelular e é eliminado, principalmente, pela transpiração (NASCIMENTO & PACHALY, 2013).

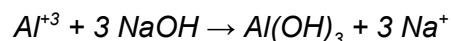
Em função de sua importância e para a caracterização do lodo de ETA não-calcinado, realizou-se a quantificação de potássio pelo fotômetro de chamas, obtendo-se 800 mg/dm³.

Segundo Brunetto *et al.* (2005) a partir de 1987, a CFS-RS/SC (Comissão de Química e Fertilidade do Solo) estipula um limite mínimo de 20 mg/dm³ e máximo 120 mg/dm³ de teor de potássio que pode encontrar-se no solo, mas não especifica qual tipo de solo. Analisando o teor de potássio de acordo com essa informação, deduz-se que o lodo de ETA não-calcinado não serviria para plantio, pois não está de acordo com as normas da CFS-RS/SC. Já para a composição do pó facial, o K⁺ seria um íon importante, como melhor explicado no item 3.2.3.

3.1.5 Quantificação de alumínio trocável (Al_{Troc.})

Para quantificar o Al_{Troc.}, também denominado Al³⁺, foi usada a relação estequiométrica da equação 2, em que cada mol de Al³⁺ reage com 3 mols de NaOH.

Equação 2 - Relação estequiométrica entre Al³⁺ e NaOH



O lodo de ETA não calcinado apresentou 9,9×10⁻⁶ mol/dm³ de Al³⁺ enquanto o lodo de rio apresentou 7,4×10⁻⁶ mol/dm³. A maior quantidade de alumínio no lodo de ETA é justificável pelo processo de tratamento pelo qual o lodo passa, no qual é acrescentado hidróxi-cloreto de alumínio (PAC) como coagulante químico, para separar as impurezas da água.

Devido à quantidade de alumínio, o lodo de rio levou 6 h 30 min para secar, enquanto o lodo de ETA levou 7 h 30 min. O maior tempo de secagem para o lodo de ETA havia sido previsto, uma vez que o mesmo apresenta maior quantidade de alumínio, pois o íon alumínio possui orbitais vazios que podem receber pares de elétrons em ligações coordenadas com ligantes como a água e o hidróxo.

3.2 Análises qualitativas

3.2.1 pH

Levando em consideração que o pH está relacionado com a quantidade de íons presentes em solução e que “os componentes da acidez potencial são os íons H^+ e Al^{+3} presentes nas fases sólida e líquida do solo” (SILVA; AVELLAR; BERNARDI, 2000) viu-se a necessidade de quantificá-lo. Obtendo-se pH= 5,38 para o lodo de ETA não calcinado e pH = 5,54 para o lodo de ETA calcinado. A pequena diferença entre os potenciais hidrogeniônicos se deve aos ácidos húmicos e fúlvicos que restam do processo de calcinação.

3.2.2 Difração de raios X (DRX)

Esta análise consiste na detecção do índice de refração de cada composto quando irradiado por um feixe de raios X. Cada composto possui um índice de refração característico, logo, é possível a determinação do composto medindo os ângulos e intensidades destes feixes difratados da amostra. A difratometria de raios X corresponde a uma das principais técnicas de caracterização de estruturas em materiais cristalinos, tendo aplicação em diversas áreas do conhecimento, como geociências (SILVA, 2013).

Com essa técnica, no lodo de ETA, identificou-se o mineral montmorilonita, o qual possui a fórmula química $NaMgAlSiO_2(OH)H_2O$. Identificou-se também o feldspato na fórmula $Al(Si, Al)_3O_8$ o qual se diferenciou na composição mineralógica do lodo de rio, que apresentou em sua composição o mineral anortita ($CaSi_2Al_2O_8$) e o composto nitrato de magnésio hexahidratado $Mg(NO_3)_6H_2O$. Em ambas as amostras constatou-se a presença de silicatos. Considerando os minerais apresentados pela técnica e os óxidos compreendidos pela análise de FRX (item 3.2.3), é provável a presença de caulim e talco, minerais esses necessários para a formulação do pó facial.

3.2.3 Fluorescência de raios X (FRX)

Essa técnica é baseada na irradiação de raios X em uma amostra, fazendo com que sejam removidos elétrons da camada mais interna dos elementos. Quando o elétron volta para a camada, a qual foi retirado, libera energia em forma de fótons que possuem comprimento de onda e energia característicos de cada elemento. Desta forma, pode-se realizar a investigação de comprimentos de onda desses fótons para a determinação dos componentes presentes na amostra, uma vez que a intensidade dos mesmos é em função da concentração.

Com essa análise concluiu-se que a composição de ambos os lodos calcinados são semelhantes, com maior diferença no teor de SiO_2 e Al_2O_3 . Para a amostra do lodo de ETA calcinado obteve-se 46% de SiO_2 , enquanto que para amostra do lodo de rio calcinado o percentual foi de 53% de SiO_2 . Essa diferença se deve ao fato de que o lodo

de rio, por ser uma mistura de compostos precipitados, apresenta também partículas de areia em maior quantidade quando comparado ao lodo de ETA. Outra diferença entre a composição das amostras está no teor de Al_2O_3 que no lodo de ETA calcinado é de 28% e no lodo de rio calcinado com 23%. O maior percentual de Al_2O_3 no lodo de ETA calcinado está relacionado à adição de hidróxi-cloreto de alumínio que age como coagulante químico no processo de floculação do tratamento de água, o que também foi constatado no teste de quantificação de $\text{Al}_{(\text{troc})}$ (item 3.1.5).

Também pelas análises, identificou-se a presença de óxidos ácidos, básicos e anfóteros, apresentados na tabela 2:

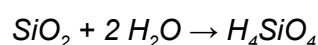
Tabela 2 - Óxidos obtidos por FRX

Óxidos	Lodo de ETA (% m/m)	Lodo de rio (% m/m)
SiO_2	45,7	53
Al_2O_3	28,2	23,4
Fe_2O_3	12,9	13,6
MgO	1,7	1,2
K_2O	1,5	1,6
CaO	1,2	0,9
TiO_2	1,1	1,1
Na_2O	0,9	0,5
P_2O_5	0,5	0,4
SO_3	0,3	0,2
MnO	0,1	0,4
ZrO_2	< 0,1	0,1
ZnO	< 0,1	< 0,1
SrO	< 0,1	< 0,1
Cr_2O_3	< 0,1	< 0,1
Rb_2O	< 0,1	< 0,1

Fonte: Elaborado pelo grupo

Através da tabela 2, percebeu-se que há maior presença dos óxidos SiO_2 (óxido ácido) e Al_2O_3 (óxido anfótero), o que também justifica o pH (item 2.3.1), pois quando em meio aquoso, os óxidos reagem com água formando ácidos ou bases. No caso do SiO_2 há a dissociação do íon Si^{+4} que posteriormente reage com água, formando H_4SiO_4 , de acordo com a equação 3, o que acidifica o meio; já o Al_2O_3 pode reagir com ácidos ou bases de acordo com o meio, formando sais.

Equação 3 - Equação da reação do dióxido de silício com água



Em meio aquoso, as bases sofrem dissociação iônica liberando íons metálicos. Muitos desses íons metálicos são benéficos para a pele, como por exemplo: Zn^{+2} , que oferece propriedade adstringente e purificadora; K^+ , que age como remineralizante de colágeno da pele e tem como função ajudar na nutrição e na reconstituição celular, retardando e contribuindo desta maneira para o anti-envelhecimento cutâneo; Mg^{+2} que induz à síntese regeneradora do colágeno e é usada para promover a nutrição celular e na eliminação de toxinas (AMORIM & PIAZZA, 200_).

De acordo com Grim (1958), o termo caulim é utilizado para denominar a rocha que contém a caulinita ($Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$) como o seu principal constituinte e para o produto resultante do seu beneficiamento. E conforme Varela *et al.* (2005), a caulinita é um argilomineral de alumínio hidratado, com cristalografia pseudo-hexagonal, composto por 39,5 % de Al_2O_3 , 46,5 % de SiO_2 e 14,0 % de H_2O . Considerando essas informações, pode-se notar os argilominerais da caulinita presentes na composição dos lodos na forma de Al_2O_3 e SiO_2 .

Considerando os íons acima, são necessárias a discussão e a análise da quantidade disponível de cada elemento em sua forma iônica, forma possível de absorção pela pele. Para isto, determinou-se a tabela 3 que indica a quantidade, em gramas, de cada íon presente em 100 g de solo, mas não necessariamente disponível para o meio, nos óxidos dos lodos.

Tabela 3 - Percentuais dos principais íons dissociados

Íons	Lodo de ETA (% m/m)	Lodo de rio (% m/m)
Si^{+4}	21,34	24,75
Al^{+3}	14,95	12,4
Fe^{+3}	9	9,5
Mg^{+2}	1,02	0,72
K^+	1,24	1,33
Ca^{+2}	0,85	0,64
Ti^{+4}	0,66	0,66
Na^+	0,67	0,37
P^{+3}	0,22	0,17
S^{+6}	0,12	0,08
Mn^{+2}	0,07	0,31

Fonte: Elaborado pelo grupo

Ao associar a análise de FRX com a análise no fotômetro de chamas (item 3.1.4) do potássio, percebe-se que o mesmo está presente nos lodos em torno de 1,5% (m/m) na forma de óxido (tabela 2). Entretanto, quando em solução aquosa levemente ácida

disponibiliza uma baixa quantidade de seu íon K^+ , em torno de 100 mg por 100 g de lodo seco.

O mesmo serve para os outros íons: nem toda a quantidade de íons que há na amostra será dissociada a ponto de disponibilizar o íon para que reaja com outras substâncias, inclusive com a pele. Para a compreensão da quantidade de íons que realmente são disponibilizados em solução, seria necessária a realização de mais testes laboratoriais para cada elemento.

4. Considerações finais

Com a realização desta pesquisa, conclui-se que o seu objetivo principal (caracterizar o lodo proveniente de ETA para uma possível aplicação na indústria cosmética comparando a sua composição com a do pó cerâmico) foi alcançado de forma satisfatória por meio das análises de algumas propriedades físico-químicas, tais como: teste de umidade, teor de M.O., pH, difração de raios X, fluorescência de raios X e quantificação de potássio e alumínio trocável.

Ao comparar a composição do pó facial (tabela 1) com a do lodo de ETA calcinado (tabelas 2 e 3), pode-se perceber que há a possibilidade de se fabricar algum pó facial a partir do lodo de ETA, pois este lodo contém alguns óxidos que estão presentes nos principais argilominerais. Entretanto, alguns óxidos estão em concentrações pequenas, o que tornaria necessário o enriquecimento do lodo de ETA, ou então a extração dos principais constituintes presentes em ambas as composições.

O caulim ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$), que possui função absorvente na composição do pó facial, é composto pelos óxidos SiO_2 e Al_2O_3 . Tais óxidos apresentaram teores de 46% (m/m) e 28% (m/m), respectivamente, no lodo de ETA. A presença dos óxidos SiO_2 e Al_2O_3 pode indicar uma provável presença de caulim na composição. O caulim e o dióxido de silício (provável) no lodo de ETA pode ser utilizado para outras aplicações como pastas de dentes, loções e cremes para *peeling* facial (GALEMBECK e CSORDAS, 2009).

O talco ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$) é o argilomineral que está presente em maior quantidade na composição do pó facial e que apresenta óxidos de silício e magnésio em sua fórmula, compostos estes que estão presentes no lodo de ETA. Todavia, observa-se que o percentual de MgO presente no lodo de ETA é baixo (1,7% m/m), o que poderia vir a necessitar do enriquecimento deste mineral para a formulação do pó facial.

Através das análises, nota-se, também, que o teor de ZnO (< 0,1% m/m) deveria ser maior para a aplicação do lodo de ETA calcinado na composição do pó facial. Da mesma forma que o MgO , o ZnO também necessitaria de enriquecimento.

Os outros óxidos presentes no lodo de ETA também podem ser utilizados para outras finalidades. Conforme Galembeck e Csordas (2009), o TiO_2 tem diversas aplicações, sendo utilizado como pigmento, corante, em pastas de dentes, loções e cremes para *peeling* facial, na formulação das sombras, pós compactos, sais de banho e talcos perfumados, em cremes antienvelhecimento, protetores solares corporais e labiais, shampoos de uso diário e de proteção da cor, tinturas para cabelos e condicionadores.

Vale ressaltar que os óxidos MnO , ZrO_2 , ZnO , SrO , Cr_2O_3 , Rb_2O , P_2O_5 , SO_3 e Na_2O estão presentes no lodo de rio e no lodo de ETA em baixos teores, o que pode implicar certa inviabilidade industrial para com a extração dos mesmos. Entretanto, a extração dos óxidos que estão presentes em maiores teores (SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3) pode vir a ser viável.

5. Agradecimentos

Aos profissionais do laboratório LAMIR - UFPR (Laboratório de Análise de Minerais e Rochas, Universidade Federal do Paraná) que contribuíram com as análises de DRX e FRX e aos estagiários de laboratório, João Engelmann e Stefany Pereira, por disponibilizarem o manual de análise de solo.

6. Referências

AMORIM, Monthana Imai de; PIAZZA, Fátima Cecília Poletto. **USO DAS ARGILAS NA ESTÉTICA FACIAL E CORPORAL**. 200_. Disponível em: <[http://siaibib01.univali.br/pdf/Monthana Imai de Amorim.pdf](http://siaibib01.univali.br/pdf/Monthana%20de%20Amorim.pdf)>. Acesso em: 20 nov 2016.

BAZONI, C.H.V *et al.* **Determinação de matéria orgânica em amostras de solo - Estudo comparativo de métodos**. 20_?. 5 p. N (VIII Jornada Acadêmica da Embrapa Soja)- Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 20_?. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/964080/1/Determinacaodemateriaorganicaemamostrasdesoloestudocomparativodemethodos.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

BRUNETTO, Gustavo *et al.* **SEÇÃO IV - FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS: NÍVEL CRÍTICO E RESPOSTA DAS CULTURAS AO POTÁSSIO EM UM ARGISSOLO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO**. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n4/26105.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

BENTO, Fabíola Tavares. **Análise do comportamento dos perfis de raios gama, potencial espontâneo e eletroresistividade para a determinação de zonas de aquíferos em poços tubulares**. 2006. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Geociência, Universidade Federal do Amazonas - Ufam, Manaus, 2006. Disponível em: <[http://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/3256/1/Dissertação - Fabíola Tavares Bento.pdf](http://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/3256/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Fab%C3%ADola%20Tavares%20Bento.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2016.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo** / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997. 212p. : il. (EMBRAPA-CNPS. Documentos ; 1)

ENGELMANN, João Gustavo; PEREIRA, Stefany. **Manual de análises de solo**. Jaraguá do Sul, 2016. 23 f. Projeto de estágio, IFSC - Instituto federal de Santa Catarina.

GALEMBECK, Fernando; CSORDAS, Yara. **Cosméticos: a química da beleza**. 2009. Este documento tem nível de compartilhamento de acordo com a licença 3.0 do Creative Commons. Disponível em: <[http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala de Leitura/conteudos/SL_cosmeticos.pdf](http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala_de_Leitura/conteudos/SL_cosmeticos.pdf)>. Acesso em: 24 nov. 2016.

GRIM, R. E. (1958). **Clay Mineralogy**. New York: McGrawHill, (Geological Science Series), p. 29.

GUERRA, R. C.; ANGELIS, D. F. Classificação e biodegradação de lodo de estações de tratamento de água para descarte em aterro sanitário. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 72, n. 1, p. 87-91, 2005.

MOORE, John T. **Química Para Leigos**. Alta Books Editora, 2008.

NASCIMENTO, M. M. ; PACHALY, M.A. . **Metabolismo da Água, Sódio, Potássio e Magnésio na Doença Renal Crônica**. In: Miguel Carlos Riella; Cristina Martins. (Org.). Nutrição e o Rim. 2ed.Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2013, v. 1, p. 44-50.

NETO, Érico Teixeira; NETO, Ângela Albuquerque Teixeira. **Modificação química de argilas: desafios científicos e tecnológicos para obtenção de novos produtos com maior valor agregado**. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n3/a23v32n3>>. Acesso em: 22 nov 2016.

SILVA, Alexandre Christófar; TORRADO, Pablo Vidal ; JUNIOR, José de Souza Abreu . **MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO**. 1999. p.5- ICA UNIFENAS C.P, Alfenas MG, 1999. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Pablo_Vidal-Torrado/publication/237658386_METODOS_DE_QUANTIFICACAO_DA_MATERIA_ORGANICA_DO_SOLO/links/540dcdc10cf2d8daaacce997.pdf>. Acesso em: 07 nov 2016.

SILVA, Amanda Luzia da. **CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA POR DIFRAÇÃO DE RAIOS X E DETERMINAÇÃO DE TERRAS RARAS POR ICP-MS DE ROCHAS DA REGIÃO SUL DA BAHIA**. 2013. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Nuclear, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-97XP2T/dissertacao_amanda.pdf?sequence=1>. Acesso em: 30 nov 2016.

SILVA, C. A.; AVELLAR, M. L.; BERNARDI, A. C. C. **ESTIMATIVA DA ACIDEZ POTENCIAL PELO pH SMP EM SOLOS DO SEMI-ÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 24, núm. 3, 2000, pp. 689-692; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Alberto_Bernardi/publication/225285497_ESTIMATIVA_DA_ACIDEZ_POTENCIAL_PELo_pH_SMP_EM_SOLOS_DO_SEMI-ARIDO_DO_NORDESTE_BRASILEIRO/links/09e414fd60cd39bdd1000000.pdf>. Acesso em: 25 nov 2016.

TARTARI, Rodrigo *et al.* **Lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, Foz do Iguaçu, PR, como aditivo em argilas para cerâmica vermelha: Parte I: Caracterização do lodo 20 e de argilas do terceiro planalto paranaense.** 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ce/v57n343/06.pdf>>. Acesso em: 03 out 2016.

VARELA, M. L. *et al.* **Otimização de uma metodologia para análise mineralógica racional de argilominerais.** 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ce/v51n320/29536.pdf>>. Acesso em: 08 out 2016.

]

7. Anexos

7.1 Laudo de análise por FRX

LAMIR - UFPR RESULTADO ANALITICO PARA SIMPLES CONHECIMENTO

Espectrômetro de fluorescência de raios X, Panalytical, modelo Axios Max.
Tubo de raios X: Rh (ródio)

As amostras foram preparadas na seguinte proporção: 5,0g de amostra e 1,0g de cera (C₁₈H₃₆O₂N₂).

1. IDENTIFICAÇÃO DA(S) AMOSTRA(S)

Pelo solicitante

Nº. LAMIR

Lodo ETA Calcinado

481/16A

Lodo Rio Calcinado

481/16B

2. RESULTADOS

Composição Química:

Amostra 481/16A	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	TiO ₂ (%)	Na ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)
	45,7	28,2	12,9	1,7	1,5	1,2	1,1	0,9	0,5
	SO ₃ (%)	MnO (%)	ZrO ₂ (%)	ZnO (%)	SrO (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	Rb ₂ O (%)	P.F. (%)	
	0,3	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	5,80	

Amostra 481/16B	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	TiO ₂ (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)
	53,0	23,4	13,6	1,6	1,2	1,1	0,9	0,5
	P ₂ O ₅ (%)	MnO (%)	SO ₃ (%)	ZrO ₂ (%)	Rb ₂ O (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	ZnO (%)	P.F. (%)

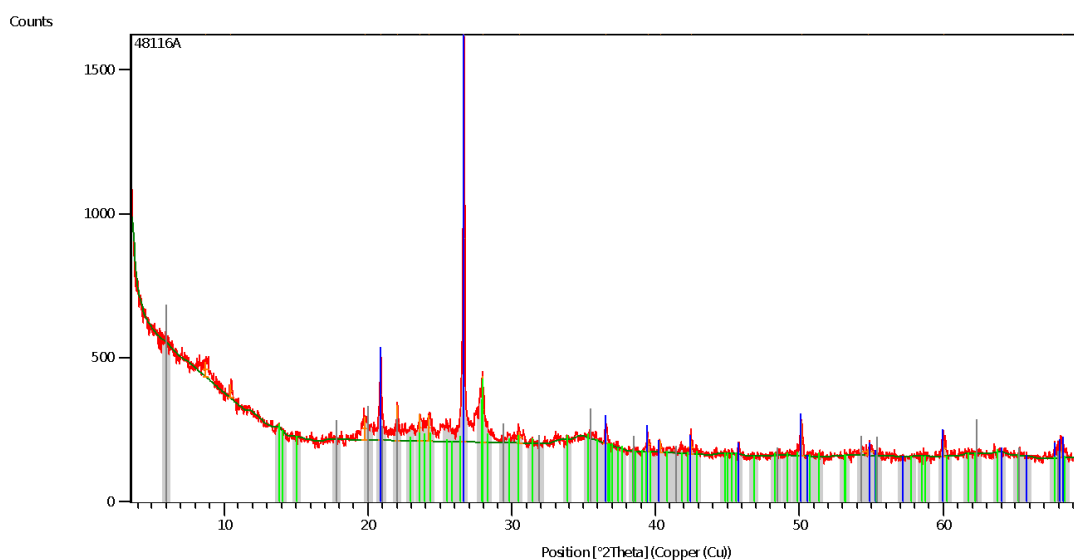
	0,4	0,4	0,2	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	3,50
--	-----	-----	-----	-----	-------	-------	-------	------

- P.F. = Perda ao fogo (ensaio realizado a 1.000°C por duas horas)
- Resultados normalizados para 100 %

Obs.: A análise semiquantitativa possui certo caráter subjetivo e interpretativo. São aceitáveis variações na ordem de $\pm 10\%$ nas concentrações indicadas acima, assim como falsas indicações positivas e/ou negativas de elementos em baixas concentrações (traços).

7.2 Laudo de análise por DRX

Graphics: (Bookmark2)



Peak List: (Bookmark 3)

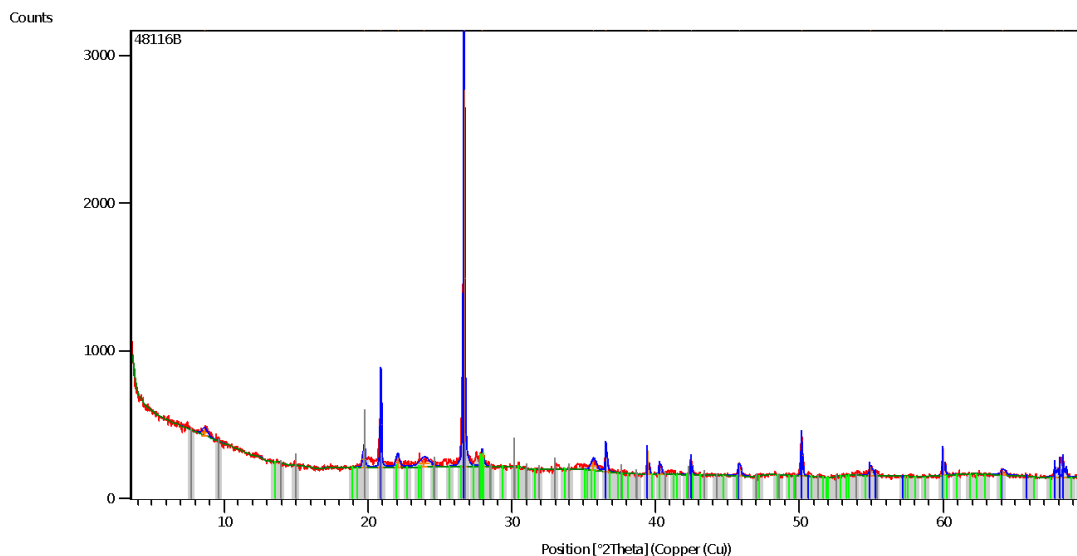
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. [%]	Int.	Tip Width	Matched by
8.7051	50.08	0.4015	10.15817	3.48	0.4818		
10.4665	48.81	0.2007	8.45230	3.39	0.2409		
19.7817	80.86	0.2676	4.48815	5.61	0.3212		00-002-001 4
20.8753	316.89	0.0669	4.25544	21.99	0.0803		01-070-375 5; 00-002-001 4
22.0353	124.30	0.1004	4.03396	8.63	0.1204		00-041-148 0; 00-002-001 4
23.6195	90.92	0.2007	3.76687	6.31	0.2409		00-041-148 0
24.2520	88.63	0.2007	3.67004	6.15	0.2409		00-041-148 0
26.6515	1440.81	0.0836	3.34481	100.00	0.1004		01-070-375 5; 00-041-148 0
27.9596	230.36	0.1004	3.19123	15.99	0.1204		00-041-148 0
30.5397	37.83	0.4015	2.92726	2.63	0.4818		00-041-148 0
36.5657	82.06	0.1338	2.45750	5.70	0.1606		01-070-375 5; 00-041-148 0

39.4840	50.10	0.2676	2.28233	3.48	0.3212	01-070-375 5; 00-041-148 0
40.3333	38.69	0.2007	2.23621	2.69	0.2409	01-070-375 5
42.4837	44.48	0.4015	2.12787	3.09	0.4818	01-070-375 5; 00-041-148 0
50.1339	120.46	0.1004	1.81963	8.36	0.1204	01-070-375 5
54.7457	19.12	0.8029	1.67676	1.33	0.9635	01-070-375 5
60.0220	54.43	0.2676	1.54136	3.78	0.3212	01-070-375 5; 00-041-148 0
68.2431	46.03	0.2007	1.37434	3.19	0.2409	01-070-375 5; 00-041-148 0; 00-002-001 4

Identified Patterns List: (Bookmark4)

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
*	01-070-375 5	73	Silicon Oxide	0.012	0.837	Si O2
*	00-041-148 0	31	Sodium Calcium Aluminum Silicate	-0.028	0.124	(Na , Ca) Al (Si , Al) 3 O8
*	00-002-001 4	Unmatched Strong	Sodium Magnesium Aluminum Silicate Hydroxide Hydrate	0.079	0.073	Na Mg Al Si O2 (O H) H2 O

Graphics: (Bookmark2)



Peak List: (Bookmark 3)

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]	Tip Width	Matched by
8.6515	38.69	0.4015	10.22098	1.51	0.4818	
19.7212	112.52	0.1673	4.50177	4.40	0.2007	00-001-034 9
20.8796	574.96	0.0836	4.25457	22.51	0.1004	01-070-375 5; 00-001-034 9
22.0443	64.28	0.2676	4.03234	2.52	0.3212	00-041-148 6
23.8987	48.18	0.8029	3.72350	1.89	0.9635	00-041-148 6
26.6538	2554.72	0.1004	3.34453	100.00	0.1204	01-070-375 5; 00-041-148 6; 00-001-034 9
27.9013	90.76	0.2007	3.19777	3.55	0.2409	00-041-148 6; 00-001-034 9
35.6856	60.04	0.4015	2.51606	2.35	0.4818	00-041-148 6
36.5583	190.82	0.1004	2.45798	7.47	0.1204	01-070-375 5
39.4752	159.97	0.0502	2.28281	6.26	0.0602	01-070-375 5
40.3232	62.27	0.1673	2.23675	2.44	0.2007	01-070-375 5; 00-041-148 6

42.4641	140.53	0.0612	2.12704	5.50	0.0734	01-070-375 5; 00-041-148 6; 00-001-034 9
45.8252	75.47	0.1673	1.98018	2.95	0.2007	01-070-375 5; 00-041-148 6; 00-001-034 9
50.1500	281.91	0.0612	1.81758	11.03	0.0734	01-070-375 5
54.9245	59.93	0.2007	1.67172	2.35	0.2409	01-070-375 5
59.9690	183.87	0.0816	1.54132	7.20	0.0979	01-070-375 5; 00-041-148 6
64.1220	30.20	0.4015	1.45235	1.18	0.4818	01-070-375 5; 00-041-148 6
67.7487	109.62	0.1020	1.38202	4.29	0.1224	01-070-375 5
68.3299	139.18	0.1020	1.37167	5.45	0.1224	01-070-375 5

Identified Patterns List: (Bookmark4)

Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
*	01-070-3755	83	Silicon Oxide	0.020	0.978	Si O2
*	00-041-1486	16	Calcium Aluminum Silicate	-0.002	0.032	Ca Al2 Si2 O8
*	00-001-0349	8	Magnesium Nitrate Hydrate	-0.302	0.123	Mg (N O3)2 ·6 H2 O

Plot of Identified Phases: (Bookmark 5)

