

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ

DANIELA CAROLINA MEZZON

LUIZ GUSTAVO FOLTZ NEVES

**SUGESTÕES DE DESTINO DO LODO TÊXTIL GERADO POR LAVANDERIAS
INDUSTRIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

CASCADEL (PR)

2016

**DANIELA CAROLINA MEZZON
LUIZ GUSTAVO FOLTZ NEVES**

**SUGESTÕES DE DESTINO DO LODO TÊXTIL GERADO POR LAVANDERIAS
INDUSTRIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário da Faculdade Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor Me. em Educação, Cultura e Tecnologia Janes Caciano Frozza.

CASCABEL (PR)

2016

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ

**DANIELA CAROLINA MEZZON
LUIZ GUSTAVO FOLTZ NEVES**

**SUGESTÕES DE DESTINO DO LODO TÊXTIL GERADO POR
LAVANDERIAS INDUSTRIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Professor Mestre em Educação, Cultura e Tecnologia Janes Cacíano Frozza.

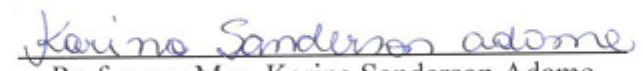
BANCA EXAMINADORA



Janes Cacíano Frozza
Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz
Professor Mestre em Educação, Cultura e Tecnologia



Professora Msc. Andrea R. Souza
Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz
Engenheira civil



Professora Msc. Karina Sanderson Adame
Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz
Engenheira química

Cascavel (PR), 24 de Outubro de 2016.

RESUMO

Este trabalho teve como intuito sugerir o destino do lodo têxtil gerado por lavanderias industriais na construção civil. A metodologia utilizada consistiu em uma pesquisa exploratória com o objetivo de determinar as características químicas qualitativas, sugerindo o tratamento e destino desse material na construção civil. Através da pesquisa, a expectativa é indicar caminho diferente dos aterros industriais para o efluente das lavanderias, além de sinalizar alternativas econômicas e sustentáveis para o material. Após realizada a identificação dos produtos utilizados para lavagem das roupas e o aspecto do resíduo nas estações de tratamento dos efluentes das lavanderias industriais, foi caracterizado quimicamente a composição do lodo, estabelecendo que a utilização da cal para o tratamento é uma técnica eficiente, devido a capacidade de a substância controlar o pH, baixando o potencial toxicológico final. Foi realizado ensaio laboratorial semelhante ao ensaio de umidade feito em solos, porém não apenas para determinar o índice de umidade, mas também para verificar a capacidade de o lodo têxtil hidratar e desidratar várias vezes sem alterar a massa e o volume. Através desse ensaio foi possível revelar que o lodo têxtil pode ser empregado como agregado ao solo na execução de aterros. E, através de uma análise bibliográfica comparativa com o lodo de esgoto, foi possível estimar uma nova rota para o lodo têxtil como agregado em massa cerâmica na fabricação de tijolos em proporção de até 10%, sem que haja perda das principais características do tijolo cerâmico, que são: Resistência a compressão e aderência ao reboco. Portanto, esse trabalho serve de parâmetro para que o efluente de lavanderia industrial deixe de ser encaminhado a aterros industriais, servindo de alternativa para agregados de aterros na construção civil, proporcionando benefícios ao meio ambiente, diminuindo a exploração de recursos naturais e tornando o lodo têxtil um material sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo têxtil. Construção civil. Destinação,

ABSTRACT

The purpose of this work was to suggest the fate of textile sludge generated by industrial laundries in civil construction. The methodology used consisted of an exploratory research with the objective of determining the qualitative chemical characteristics, suggesting the treatment and destination of this material in the civil construction. Through the research, the expectation is to indicate different path of the industrial landfills for the laundry effluent, besides signaling economic and sustainable alternatives for the material. After the identification of the products used to wash the clothes and the appearance of the waste in the industrial laundry effluent treatment plants, the composition of the sludge was chemically characterized, establishing that the use of lime for the treatment is an efficient technique, due to Ability of the substance to control pH by lowering the ultimate toxicological potential. A laboratory test similar to the soil moisture test was performed, but not only to determine the moisture content, but also to verify the capacity of the textile sludge to hydrate and dehydrate several times without changing the mass and volume. Through this test it was possible to reveal that the textile sludge can be used as aggregate to the soil in the execution of landfills. And, through a comparative bibliographical analysis with the sewage sludge, it was possible to estimate a new route for the textile sludge as aggregate in the ceramic mass in the manufacture of bricks in proportion of up to 10%, without there being any loss of the main characteristics of the brick Ceramic, which are: Compressive strength and adhesion to plaster. Therefore, this work serves as a parameter so that the industrial laundry effluent no longer be sent to industrial landfills, serving as an alternative to landfill aggregates in construction, providing benefits to the environment, reducing the exploitation of natural resources and making textile sludge Sustainable material.

KEYWORDS: Textile sludge. Civil construction. Allocation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de tratamento de efluente.....	30
Figura 2 – Tanque de tratamento de efluente	30
Figura 3 – Ensaio de lixiviação	30
Figura 4 – Produtos utilizados	30
Figura 5a – Balança de precisão	30
Figura 5b – Amostras de lodo têxtil	30
Figura 6a – Lodo úmido	31
Figura 6b – Lodo aparentemente seco	Erro! Indicador não definido.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ensaio de umidade	29
Tabela 2 – Resultados do ensaio de umidade	31
Tabela 2 – Resultados do ensaio de umidade	31

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	9
1.1 INTRODUÇÃO	9
1.1.1 Objetivos.....	10
1.1.1.1 Objetivo geral	10
1.1.1.2 Objetivos específicos	10
1.1.2 Justificativa	10
1.1.3 Caracterização do problema.....	11
1.1.4 Delimitação da pesquisa.....	11
 CAPÍTULO 2	 12
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1.1 Lavanderia têxtil industrial.....	12
2.1.2 Efluente de lavanderia têxtil	12
2.1.3 Lodo têxtil de lavanderia industrial	13
2.1.4 Armazenagem do lodo têxtil	13
2.1.5 Aterros de resíduos industriais	13
2.1.6 Processos para tratamento do lodo	15
2.1.6.1 Secagem e desidratação	16
2.1.6.2 Incineração.....	16
2.1.6.3 Imobilização	17
2.1.6.4 Aterro.....	17
2.1.7 Tratamento do efluente têxtil.....	18
2.1.7.1 Principais processos.....	19
2.1.7.2 Biodegradação	21
2.1.7.3 Tratamento com ozônio	21
2.1.7.4 Fotocatálise Heterogênea.....	21
2.1.7.5 Processos físicos e processos combinados	22
2.1.8 Caracterização dos produtos utilizados em lavanderias industriais.....	22
2.1.8.1 Fixador de corantes índigo	23
2.1.8.2 Agente multifuncional para remoção de metais e impurezas de fibras celulósicas	23
2.1.8.3 Essência floral.....	23
2.1.8.4 Amaciante concentrado à base de ácido graxo siliconado	23

2.1.8.5 Hipoclorito de sódio	23
2.1.8.6 Agente umectante	24
2.1.8.7 Metabissulfito de sódio.....	24
2.1.8.8 Peróxido de hidrogênio.....	24
2.1.8.9 Sulfato de alumínio isento de ferro sólido.....	24
2.1.8.10 Anti migrante-concentrado	24
2.1.9 Produtos neutralizantes.....	24
2.1.9.1 Cal virgem ou hidratada	25
2.1.10 Incorporação do lodo têxtil na construção civil.....	25
 CAPÍTULO 3.....	 27
3.1 METODOLOGIA.....	27
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa	27
3.1.2 Caracterização da amostra	27
3.1.3 Tratamento/neutralização do lodo têxtil	28
3.1.4 Estudo do lodo de esgoto.....	28
3.1.5 Ensaio laboratorial.....	28
 CAPÍTULO 4.....	 30
4.1 RESULTADO E DISCUSSÕES	30
4.1.1. Caracterização da amostra	30
4.1.2. Ensaio laboratorial.....	30
 CAPÍTULO 5.....	 34
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	34
 REFERÊNCIAS	 35

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

A reciclagem e reutilização de resíduos industriais tem sido cada vez mais desenvolvida em diversas linhas de pesquisa. Reaproveitamento de cinzas, de lodo de estações de tratamento de esgoto, de entulhos da construção civil, de rejeitos de minas de carvão, entre outros, são exemplos destes resíduos (PIETROBON *et al*, 2004).

A produção de substratos normalmente envolve conhecimentos específicos sobre as características físico-químicas de seus componentes, pois a maneira pela qual interagem quando misturados e suas implicações na produção das mudas variam em função da espécie e tipo de produção e da disponibilidade local dos componentes a serem utilizados.

As lavanderias industriais geram efluentes que após um processo de decantação geram resíduos conhecido como lodo têxtil. Este, por sua vez, possui característica química variada e em grandes quantidades torna-se um problema ambiental, devendo ser destinado a aterros industriais. O gerenciamento dos resíduos sólidos industriais é hoje um dos principais problemas enfrentados pelas empresas na área do ambiente (PIETROBON *et al*, 2004).

Assim, buscam-se medidas e ações para que o lodo têxtil deixe de ser encaminhado aos aterros industriais e passe a ter utilização em algum ramo da construção civil, podendo trazer vantagens econômicas e ambientais, pois assim, não haveria o custo elevado de transporte e diminuiria a exploração de recursos naturais.

Os lodos de lavanderias têxteis resultantes dos tratamentos dos efluentes industriais são em grande parte destinados aos aterros industriais distantes da sua fonte de origem. No caso da lavanderia têxtil industrial de Nova Aurora, Santa Tereza do Oeste e Capitão Leônidas Marques, todas no estado do Paraná, o lodo gerado é levado para Uberlândia (MG), acarretando altos custos de transporte e disposição, onerando potencialmente o processo industrial têxtil, frente ao crescimento da demanda dos produtos no mercado consumidor (KAMINATA, 2008).

Diante disso, este trabalho buscou analisar quimicamente o lodo têxtil gerado pelas lavanderias industriais das cidades de Nova Aurora, Santa Tereza do Oeste e Capitão Leônidas Marques, todas do Estado do Paraná, com o intuito de destinar esse material para o uso coerente conforme sua composição e compatibilidade com outros materiais como argilas, agregado de aterro e concreto.

1.1.1 Objetivos

1.1.1.1 Objetivo geral

Sugerir a destinação do lodo têxtil gerado por lavanderias industriais na construção civil.

1.1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar a composição química do lodo têxtil através da identificação dos produtos utilizados nas lavanderias industriais bem como informações fornecidas pelo fabricante.
- Sugerir a destinação, tratamento e possíveis usos do lodo têxtil na área da engenharia civil.

1.1.2 Justificativa

O lodo têxtil gerado pelas lavanderias industriais não tem nenhuma utilização, ele é destinado a aterros industriais onde passa por um processo conforme indicado por lei. A destinação incorreta do lodo têxtil acarreta multas para a empresa (MAROUN, 2006).

Por esse motivo, buscar medidas para que o lodo têxtil tenha uma utilização traria benefícios econômicos e principalmente ambientais. Medidas, por exemplo, que comprovem que seja possível a utilização desse lodo na construção civil, podem ser vantajosas para as lavanderias e para a própria construção civil, pois não existiria o custo de transporte para os aterros industriais, que muitas vezes estão há grandes distâncias das lavanderias.

Conhecendo as características químicas do lodo têxtil seria possível analisar um tratamento adequado para que ele pudesse ser utilizado em diversas áreas da engenharia civil, conforme sua composição. Com isso, um resultado eficiente acarretaria em grande economia para as lavanderias industriais e o lodo têxtil tratado poderia até gerar benefícios para outras áreas.

1.1.3 Caracterização do problema

Considerando os apontamentos com relação ao lodo têxtil de lavanderia industrial, chegou-se ao problema deste trabalho: Após tratado, é possível a utilização do lodo têxtil de lavanderia industrial na área de engenharia civil?

1.1.4 Delimitação da pesquisa

O método utilizado consistiu na análise da composição química do lodo têxtil gerado por uma lavanderia de pequeno porte situada na cidade de Nova Aurora (PR), que gera em média 15m³ de lodo anualmente; uma outra lavanderia situada na cidade de Santa Tereza do Oeste (PR), que gera em média 40m³ de lodo anualmente; e uma terceira situada na cidade de Capitão Leônidas Marques (PR), que gera em média 60m³ de lodo anualmente.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Lavanderia têxtil industrial

Para a instalação de uma lavanderia industrial é necessária uma série de licenças, tais como: Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação, que são fornecidas pelo IBAMA e pelas Agências Reguladoras Estaduais. Isso porque as lavanderias, principalmente as que utilizam caldeiras e outros equipamentos consumidores de combustíveis com alto índice de emissão de poluentes, são consideradas fontes poluidoras e devem passar por processos de tratamento antes do descarte na rede pública ou em córrego, rios etc.

A Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, delega aos Estados a competência de emitir as licenças ambientais bem como normas peculiares aplicáveis a cada região. O órgão ambiental de cada Estado deve ser consultado para verificação dos padrões em vigor (RABELO, 2012).

2.1.2 Efluente de lavanderia têxtil

Nas lavanderias industriais têxteis são realizados processos de acabamento do jeans, como puído, lixa e bigode, os tingimentos e os diferentes tipos de lavagens utilizando produtos químicos diversos, os quais podem variar de uma lavanderia para outra. A partir desses processos é feito o tratamento do efluente, gerando assim o lodo têxtil (DIAS Júnior, 2013).

O setor têxtil é responsável pela geração de grandes volumes de efluentes, que, quando não tratados corretamente, podem causar sérios problemas ambientais.

Os efluentes têxteis caracterizam-se por possuírem uma grande variedade de cores devido ao alto índice de corantes provenientes do processo de tingimentos dos tecidos e dos produtos químicos utilizados para a lavagem (KUNZ; ZAMORRA, 2002).

2.1.3 Lodo têxtil de lavanderia industrial

O lodo têxtil é proveniente de processos físico-químicos que ocorrem nas estações de tratamento de efluente das lavanderias industriais. Nas lavanderias do trabalho em estudo, os processos utilizados nas estações de tratamento de efluente são: coagulação, floculação e flotação. A coagulação é o processo onde ocorre a desestabilização das partículas sólidas através de produto coagulante, que no caso dessas lavanderias é utilizado o Sulfato de Alumínio. A floculação é o junção destas partículas sólidas, é a formação de flocos através de agitação mecânica. A flotação é a injeção de ar comprimido juntamente com produto flocador na parte inferior do reservatório de tratamento, fazendo com que o material mais denso suba a superfície do reservatório e seja retirado por raspagem mecânica. Este material retirado é o que chamamos lodo têxtil, que de acordo com a NBR 10004 (2004), é classificado como Classe II A– Não perigosos e não inertes.

O lodo têxtil é constituído principalmente de matéria orgânica e pode ser eliminado por incineração de 500 a 600°C. Pode conter metais pesados (chumbo, níquel e mercúrio) e outros componentes, dentre os quais estão o alumínio, ferro, manganês, titânio, silício, sódio, cálcio, magnésio, fósforo, carbono total, carbono orgânico e cloretos. A poluição por metal pesado é extremamente perigosa pela toxicidade e persistência no ambiente (DIAS Júnior, 2013).

2.1.4 Armazenagem do lodo têxtil

O lodo têxtil deve ser armazenado em local onde haja grande circulação de ar, não entra em contato com o solo e de forma que ocorra a máxima eliminação de água do resíduo, reduzindo assim seu volume e consequentemente o custo de transporte (KAMINATA, 2008).

De acordo com a NBR 11174 (1990), os resíduos sólidos devem ser armazenados de maneira a não possibilitar a alteração da sua classificação e de forma que sejam minimizados os riscos de danos ambientais.

2.1.5 Aterros de resíduos industriais

Os aterros para resíduos industriais são obras de disposição final, menos onerosa e de tecnologias mais conhecidas no Brasil. Entretanto, deve-se ter em mente que esses aterros não servem para disposição de todos os tipos de resíduos industriais.

De acordo com a NBR 13896 (1997), a concepção dos aterros é determinada para que seus efluentes não atinjam as águas subterrâneas. Isso implica em aterros completamente confinados, ou em aterros completamente drenados.

Para que seja feita a escolha do tipo de aterro, é fundamental o conhecimento dos resíduos sólidos a serem dispostos, isto é, sua quantificação, qualificação e periculosidade. Os aterros podem ser: industrial classe I para resíduos perigosos e industrial classe II para resíduos não perigosos, onde a classe dos resíduos é determinada pela empresa que faz a coleta do mesmo, obedecendo a NBR 10004:2004 (DIAS JR., 2013).

A NBR 10004 (2004) classifica os resíduos de acordo com sua periculosidade em função das propriedades químicas, físicas, grau de impacto ambiental e saúde pública pelo mau gerenciamento de resíduo, sendo assim, o resíduo pode ser classificado como:

a) Classe I – Perigosos: são aqueles que em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, podem apresentar risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices ou riscos ao meio ambiente quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada, ou seja, está relacionado com a periculosidade. Para ser classificado como perigoso o resíduo deve apresentar pelo menos uma das características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, ou se apresentarem alguma das constantes nos anexos A e/ou B da NBR 10004 (2004).

b) Classe II – Não perigosos:

– Classe II A – Não inertes: são aqueles que, diferentemente da classe I e da classe II-B, podem ter propriedades como combustão, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

– Classe II B – Inertes: são quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desmineralizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G da ABNT NBR 10004 (2004).

De acordo com a empresa que faz a coleta do lodo gerado pela lavanderia industrial de Nova Aurora (PR), esse resíduo é classificado como resíduo não perigoso – classe II A, sendo assim, o local para ser utilizado como aterro de resíduos não perigosos deve obedecer aos requisitos dispostos na NBR 13896 (1997) à medida em que o impacto ambiental gerado

pela instalação do aterro seja minimizado, a aceitação da instalação seja maximizada, esteja de acordo com o zoneamento da região e possa ser utilizado por um longo espaço de tempo, necessitando apenas de um mínimo de obras para início de operação.

De acordo com a NBR 13896 (1997), para a avaliação da adequabilidade de um local para a utilização como aterro de resíduos não perigosos, devem ser feitas considerações técnicas com relação à topografia, à geologia, à disposição de recursos hídricos, à vegetação, aos acessos, ao tamanho da área disponível, aos custos e à distância mínima que deve ser de 500m de núcleos populacionais. O local deve ter inclinação superior a 1% e inferior a 30%; o solo deve ser homogêneo e ter permeabilidade inferior a 0,000001cm/s e uma zona não saturada com espessura superior a 3,0m; o aterro deve ter uma vida útil de no mínimo 10 anos, portanto deve estar disposto em uma área que suporte sua utilização por esse tempo.

O aterro não deve ser executado em áreas sujeitas a inundações em períodos de recorrência de 100 anos e deve possuir cerca em todo o perímetro que o circunda, para impedir o acesso de pessoas não autorizadas e animais; portão que estabeleça controle de acesso ao local; sinalizações de advertência e indicação e faixa de proteção sanitária de no mínimo 10m de largura. O local ainda deve possuir sistema de comunicação interno e externo, para pelo menos permitir o seu uso em ações de emergência.

2.1.6 Processos para tratamento do lodo

O processo de tratamento do lodo tem por objetivo eliminar os resíduos de forma eficaz. Para isso é necessário um plano de gestão dos resíduos que depende diretamente das atividades anteriores, como: coleta dos resíduos, prevenção, minimização, armazenagem e tratamento.

O plano de gestão de resíduos deve ser necessariamente projetado para reduzir a quantidade e concentração, facilitando assim a eliminação final. Os principais métodos para eliminação de resíduos são: secagem e desidratação, incineração, imobilização e aterro, onde todos necessitam de um pré-tratamento adequado, de modo que o resíduo seja facilmente eliminado ou armazenado sem criar efeitos nocivos para o ambiente. A escolha do tipo de método a ser utilizado depende de diversos fatores, como a região em que se encontra, o custo de operação e manutenção etc. (PRIM *et al*, 1998).

2.1.6.1 Secagem e desidratação

A secagem tem por objetivo eliminar a água do lodo a fim de diminuir seu volume e peso; os constituintes líquidos evaporam devido ao calor aplicado. Nessa técnica, a taxa na qual ocorre a evaporação do líquido depende da condutividade térmica do resíduo sólido a ser seco e dos pontos de ebulição dos constituintes líquidos voláteis a serem evaporados (LIMA JR., 2001)

A desidratação, assim como a secagem, é a retirada da umidade presente no lodo, porém, pode ser feita por transferência de calor ou secagem por processos físicos, como, por exemplo, a prensagem. A secagem, assim como outros tratamentos, pode resultar na redução do volume, a remoção de compostos voláteis, combustíveis e matéria orgânica volátil (DIAS JR., 2013).

Com o aumento da demanda de produtos industrializados e o alto custo do transporte do lodo têxtil para os aterros industriais, a secagem e a desidratação têm como principal objeto a diminuição desses custos (KAMINATA, 2008).

2.1.6.2 Incineração

É um método de disposição final para os resíduos perigosos que não podem ser reciclados, reduzidos ou depositados de forma segura em um aterro sanitário seguro. É um processo de oxidação em que os resíduos perigosos são convertidos utilizando o oxigênio presente do ar, em estufa e resíduo sólido incombustível.

Este método de eliminação incorpora processos tais como o volume e redução de peso e desintoxicação. Com base na temperatura de funcionamento, esse processo pode ser classificado como alto e incinerações baixa temperatura. Os resíduos perigosos podem ser incinerados quer individualmente ou em instalações industriais, tais como caldeiras industriais e alto fornos (VISVANATHAN, 1996).

A incineração é um processo de combustão controlada, à temperatura superior a 900°C, permitindo com isso a redução em volume e peso dos resíduos sólidos. Os resíduos são transformados em gases, calor e materiais inertes, dentre os quais, cinzas e escórias. Do ponto de vista técnico, sobretudo econômico, a incineração deve ser feita apenas para resíduos sem alternativas de outros tratamentos mais seguros (KAMINATA, 2008).

2.1.6.3 Imobilização

Neste tipo de tratamento o lixo tóxico é misturado com materiais que tendem a criar um elemento sólido impermeável. Esse processo pode ser feito por um processo físico, químico ou físico-químico, chamado de solidificação/estabilização.

A solidificação/estabilização tem como objetivo melhorar as características físicas e de manuseio dos resíduos, diminuir a área superficial por meio da qual possa ocorrer a transferência ou perda de poluentes, limitar a solubilidade ou desintoxicar quaisquer constituintes perigosos contidos no resíduo (KAMINATA, 2008).

A solidificação/estabilização indica ainda a produção de uma massa sólida, com suficiente integridade estrutural a ser transportada em pedaços de maior dimensão sem necessidade de algum recipiente secundário.

A estabilização pode ser por processo físico ou químico, em que o físico se trata do processo onde os resíduos em lama ou semissólido são misturados com cinza pulverizada para produzir sólidos com maior granulometria, o que facilita o transporte para o local de disposição final.

Já o processo químico sugere a imobilização de substâncias tóxicas fazendo reagir quimicamente para formar compostos insolúveis. Ambos os processos de imobilização irão produzir um material que não deverão causar problemas ambientais ou danos à saúde pública, ao contrário da incineração, por exemplo.

O processo de imobilização não é considerado um processo de eliminação de resíduos, e sim um processo intermediário entre pré-tratamento e método de disposição final (VISVANATHAN, 1996).

2.1.6.4 Aterro

O aterro é uma instalação de eliminação onde os resíduos são colocados e armazenados no solo. Nos aterros o processo de desintoxicação ocorre em seu interior, utilizando de mecanismos de diluição e dispersão das camadas geológicas, e são especificamente projetados para conter resíduos indefinidamente e para permitir a identificação e recuperação posterior.

Os métodos de aterro podem ser: co-disposição, monodispa e multi-eliminação.

A co-disposição é o método onde os resíduos são depositados junto de resíduos domésticos ou resíduos similares, com o objetivo de tirar vantagem do processo de atenuação que acontece em certos resíduos. Esses resíduos devem ser avaliados antes de se juntar ao lixo doméstico.

O monodispa é o método onde os resíduos são depositados com resíduos de mesma característica física e química, para que eles permaneçam com essas mesmas características. Normalmente isso acontece com resíduos altamente perigosos ou poluentes.

A multi-eliminação é o método onde são tratados diferentes tipos de resíduos no mesmo local, com o objetivo de reduzir o potencial poluente dos resíduos individualmente.

O aterro é o modo mais comum de disposição final de resíduos perigosos, por se tratar de um método sem sofisticação como acontece com os demais métodos, portanto, os aterros devem ser devidamente projetados e operados para que a contaminação do solo, águas subterrâneas e danos à saúde pública sejam evitados.

Ambientalmente, um aterro seguro deve conter: instalação de material altamente impermeável para proteger os lençóis freáticos, material impermeável para minimizar a infiltração nas encostas e permitir o escoamento adequado de água e instalação de sistemas de coleta e tratamento adequados.

Para a escolha do local de aterro é necessária a identificação das características do solo, os níveis das águas subterrâneas, os níveis de inundação e o acesso de veículos de transporte e aceitabilidade da população (VISVANATHAN, 1996).

2.1.7 Tratamento do efluente têxtil

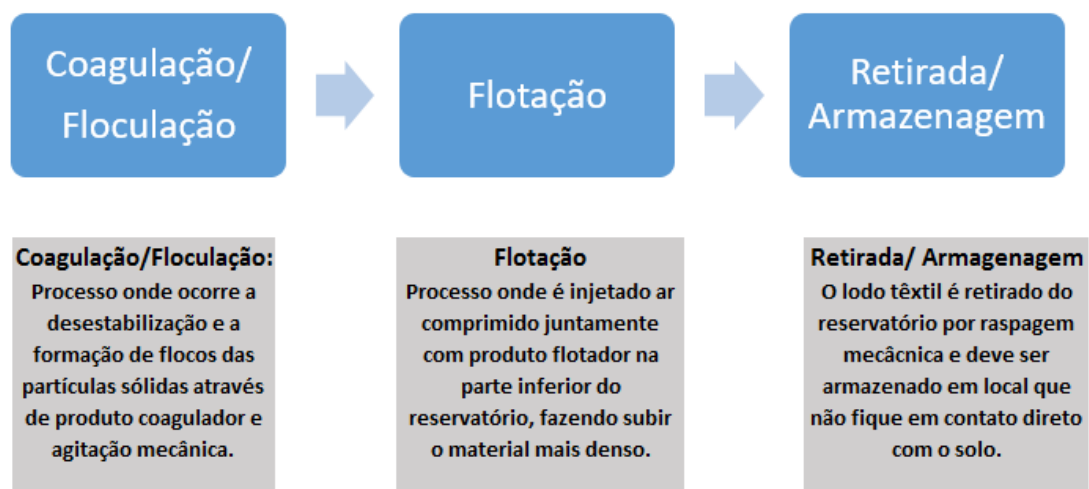
Os principais processos de tratamento do efluente têxtil são: tratamento fundamentado em processos de coagulação, seguidos por flotação ou sedimentação; e processo de adsorção em carvão ativado.

Porém, existem novas tendências para o tratamento, metodologias diferentes que podem ter uma maior eficiência no tratamento do lodo têxtil. São eles: biodegradação, tratamento com ozônio, fotocatalise heterogênea, processos físicos e processos combinados (KUNZ; ZAMORRA, 2002).

2.1.7.1 Principais processos

As formas de tratamento fundamentadas em processos de coagulação e floculação, seguidos de separação por flotação ou sedimentação, apresentam uma elevada eficiência na remoção de material particulado. No entanto, a remoção de cor e compostos orgânicos dissolvidos mostra-se deficiente. Estes processos são os mais utilizados nas estações de tratamento de efluente das lavanderias industriais. Após visita as lavanderias, o processo de tratamento do efluente pode ser representado de forma resumida conforme Figura 1.

Figura 1 – Esquema de estação de tratamento de efluente.



Fonte: Os Autores (2016)

No processo de coagulação é adicionado Sulfato de Alumínio como agente floculante, enquanto a cal fará a correção do pH. Todo esse processo é mediante intensa agitação mecânica, na etapa final o material sedimenta e é separado. Conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Tanque estação de tratamento de efluente.



Fonte: Os Autores (2016)

Os processos de adsorção em carvão ativado apresentam uma eficiência significativamente maior, contudo, em função da superfície química do carvão ser positiva, a adsorção de corantes de caráter catiônico é uma limitação bastante importante. No geral, os processos de tratamento estão fundamentados na operação de sistemas físico-químicos de precipitação-coagulação, seguidos de tratamento biológico via sistema de lodos ativados.

O sistema apresenta uma eficiência relativamente alta, permitindo a remoção de aproximadamente 80% da carga de corantes. Infelizmente, o problema relacionado ao acúmulo de lodo torna-se crítico, uma vez que o teor de corantes adsorvido é bastante elevado, impedindo qualquer possibilidade de reaproveitamento (KUNZ; ZAMORRA, 2002).

O processo de tratamento do efluente têxtil começa nas caixas de areia. Após, o efluente é bombeado para o tanque de decantação primária, onde passa por mais um estágio de decantação da areia. Em seguida, por gravidade escoar para uma peneira auto-limpante, onde são retirados sólidos grosseiros como restos de fibra de tecido, plásticos e outros materiais contidos no efluente. Depois o efluente é transferido para o tanque de equalização por transbordo. O tanque de equalização serve para estabilizar a vazão e homogeneizar o efluente com o propósito de manter uniforme suas características para o tratamento posterior.

Após, o efluente é bombeado ao tanque de aeração. O bombeamento regular faz com que a composição química e a carga orgânica não sofram alterações bruscas, permitindo que os microrganismos se adaptem a essa regularidade sem inibir sua atividade, mantendo a eficiência de remoção de carga orgânica o mais constante possível.

Alterações bruscas de vazão no tanque de aeração podem comprometer a capacidade dos microrganismos em decompor a variação da carga orgânica. Nesse tanque há a biodegradação da matéria orgânica, transformando-a em substâncias mais simples como água, CO_2 e sais, gerando a biomassa (lodo).

Depois do tempo de retenção no tanque de aeração, o efluente é bombeado para os decantadores, de onde parte do lodo acumulado no fundo dos decantadores é diretamente recirculado ao tanque de aeração e a outra parte é transferida para o adensador de lodo para que, a partir deste, seja feito o descarte.

O lodo descartado é armazenado na caixa de lodo biológico para posteriormente ser encaminhado aos leitos de secagem. Ao sair dos decantadores o efluente é encaminhado ao tanque de mistura. Nesse momento é dosado sulfato de alumínio ao efluente que tem por função atuar como coagulante do lodo que está diluído no efluente que sai dos decantadores, induzindo a formação de partículas coloidais no meio líquido, formando flocos com tamanho suficiente para facilitar a remoção.

Após o tempo necessário no tanque de mistura, o efluente é bombeado para um vaso pressurizado por ar comprimido, mantido por um compressor. O efluente do vaso pressurizado com sulfato de alumínio é conduzido sob pressão ao tanque de flotação, despressurizado em um tubo perfurado imerso no fundo do flotador e passando pelo dosador de polímero, agente auxiliar para flotação do lodo que ainda se encontrava suspenso no efluente. O lodo retirado do flotador por raspagem mecânica superficial é encaminhado ao leito de secagem (KAMINATA, 2008).

2.1.7.2 Biodegradação

O processo de biodegradação consiste na utilização de microrganismos versáteis que teoricamente são capazes de degradar de maneira eficiente o efluente têxtil. Na prática, isso é muito difícil devido à grande diversidade de características químicas presentes nos efluentes. Outra medida é a utilização de fungos e bactérias denominadas siderófilas, que são capazes de destruir metais, principalmente o ferro (KUNZ; ZAMORRA, 2002).

2.1.7.3 Tratamento com ozônio

O método de tratamento do lodo têxtil com ozônio tornou-se muito atrativo, pois o ozônio é um agente oxidante poderoso. A oxidação de resíduos pode ser de forma direta ou indireta. Na direta, a molécula de ozônio age diretamente com as moléculas orgânicas e inorgânicas via adição eletrofílica; na indireta o ozônio reage através de reação radicalar que é gerada por sua decomposição.

Porém, a utilização do ozônio pode aumentar a toxicidade por alguns momentos durante o processo de oxidação, portanto deve-se ter um grande acompanhamento de toxicidade desse processo (KUNZ; ZAMORRA, 2002).

2.1.7.4 Fotocatálise Heterogênea

A utilização desse método possui alta eficiência e permite uma rápida mineralização de inúmeras espécies químicas. Porém, existem vários inconvenientes que dificultam sua

utilização, como a utilização de fontes artificiais de radiação, dificuldade na penetração da radiação e dificuldade na implantação desse método em grande escala (KUNZ; ZAMORRA, 2002).

2.1.7.5 Processos físicos e processos combinados

O processo físico mais utilizado para tratamento de resíduo têxtil é o feito com a utilização de carvão ativado. O processo combinado, devido a sua eficiência, é melhor que o processo físico, pois a combinação com outros elementos é capaz de suprir as deficiências de quando utilizados separadamente.

Os principais métodos de tratamento utilizados são classificados em processos físicos, químicos e biológicos, e a combinação desses métodos torna-se a forma mais adequada, devido o lodo têxtil possuir corantes que não são degradados nos sistemas convencionais.

A combinação mais utilizada é a utilização do processo biológico com alternativas do processo físico e físico-químico, como a floculação, por exemplo. A utilização de vários elementos no processo de oxidação, como o peróxido de hidrogênio, ozônio e a luz ultravioleta, também é muito eficiente, e a combinação de processos biológicos também é muito útil, pois permite a efetiva descoloração do efluente (KUNZ; ZAMORRA, 2002).

2.1.8 Caracterização dos produtos utilizados em lavanderias industriais

Segundo Dias Júnior (2013), nas lavanderias industriais têxteis são realizados processos de beneficiamento e acabamento do jeans, englobando os tingimentos e lavagens, os quais podem variar de uma lavanderia para outra em relação a tipos de corante e produtos utilizados nas etapas de processamento de peças confeccionadas. Através de um levantamento feito nas lavanderias industriais de Nova Aurora, Santa Tereza do Oeste e Capitão Leônidas Marques (PR) obtivemos os seguintes produtos:

2.1.8.1 Fixador de corantes índigo

Líquido límpido, incolor e transparente à ligeiramente amarelado, solúvel em água fria em qualquer proporção, estável por 180 dias, desde que adequadamente armazenado em embalagens fechadas à temperatura ambiente.

2.1.8.2 Agente multifuncional para remoção de metais e impurezas de fibras celulósicas

Líquido transparente amarelo, solúvel em água fria em qualquer proporção, estável por 180 dias, desde que adequadamente armazenado em embalagens fechadas à sombra e à temperatura ambiente.

2.1.8.3 Essência floral

Líquido amarelo claro, solúvel em amaciantes em qualquer proporção, estável por 180 dias, desde que adequadamente armazenado em embalagens fechadas à sombra e à temperatura ambiente.

2.1.8.4 Amaciante concentrado à base da ácido graxo siliconado

Pasta de coloração branca e amarelada, estável por 180 dias, desde que adequadamente armazenado em embalagens fechadas à sombra e à temperatura ambiente.

2.1.8.5 Hipoclorito de sódio

O hipoclorito de sódio é incompatível com ácidos reagindo violentamente, e formando gás cloro. Reage com produtos orgânicos, podendo resultar fogo. Não deve ser misturado com amônia, pois reage formando cloro. O hipoclorito de sódio não é combustível. Corrosivo e irritante à pele, causa queimadura severa, prejuízo sério aos olhos, irritação aos olhos categoria 1, e causa danos oculares graves.

2.1.8.6 Agente umectante

Líquido viscoso e incolor, solúvel em água fria em qualquer proporção, estável por 180 dias, desde que adequadamente armazenado em embalagens fechadas à temperatura ambiente.

2.1.8.7 Metabissulfito de sódio

Pó branco a ligeiramente amarelado, odor fraco, anidrido sulfuroso, reage com nitratos e com agentes oxidantes.

2.1.8.8 Peróxido de hidrogênio

Líquido incolor, ligeiramente picante, não inflamável, solúvel em água e solventes orgânicos polares.

2.1.8.9 Sulfato de alumínio isento de ferro sólido

Sólido granulado, refinado ou ventilado, cor branca, odor inodoro, estável sob condições normais de uso e armazenamento.

2.1.8.10 Anti migrante-concentrado

Líquido, transparente, incolor, com odor característico, solúvel em água fria em qualquer proporção, estável por 360 dias, desde que adequadamente armazenado em embalagens fechadas à sombra e à temperatura ambiente.

2.1.9 Produtos neutralizantes

Segundo Lopes (*et al*, 2004), o tratamento consiste em um conjunto de procedimentos físicos e químicos para que o produto final não tenha uma característica ácida e possa ser destinado a outros fins sem agredir o meio ambiente.

Os produtos neutralizantes são de grande importância nos processos de lavagem de roupas que utilizam alvejantes clorados e produtos alcalinos fortes. Eles neutralizam a ação residual do cloro e dos alcalinos que podem alterar a coloração e a vida útil da roupa. Podem ser utilizados em conjunto com amaciantes ou em processos separados. Protegem as fibras do tecido contra a ação residual que causa o desgaste precoce.

2.1.9.1 Cal virgem ou hidratada

A cal virgem ou hidratada é um aglomerante que resulta da calcinação de rochas calcárias a uma temperatura inferior à do início de fusão do material. Dentre as várias opções de utilização da cal pode-se citar: na construção civil e no tratamento de efluentes (MARQUES, 2006).

No tratamento de efluentes a cal hidratada é o principal agente alcalino e é utilizado em larga escala devido as suas excelentes características físico-químicas. Aliadas ao baixo custo e facilidade, a cal tem a função de neutralizar todos os produtos. No entanto, o uso da cal depende fundamentalmente de três fatores: da dosagem adequada, do produto ou melhor, das características do corretivo utilizado, e da aplicação correta (ALCARDI, 1992).

Ainda segundo Alcardi (1992), a dosagem adequada é estabelecida com base na análise de solos, sobre a qual se aplica um critério técnico de recomendação. Atualmente dispõe-se de diversos tipos de corretivos de acidez com características e efeitos diferentes; é necessário conhecê-los para se proceder à escolha do produto mais conveniente a cada situação.

Finalmente, esses cuidados referidos, isto é, dosagem adequada e corretivos mais convenientes, podem ser total ou parcialmente comprometidos por uma aplicação malfeita, o que, a bem da verdade, tem sido bastante comum. E por aplicação bem-feita entende-se distribuição e incorporação do produto ao solo bem executados. (CAMPELLO, 2009)

2.1.10 Incorporação do lodo têxtil na construção civil

De acordo com Kaminata (2008), blocos cerâmicos podem ser fabricados com até 15% de lodo têxtil em sua composição sem que haja perda de suas qualidades essenciais, sendo assim, torna-se vantajoso o uso do lodo têxtil para sua fabricação, pois promove a redução na extração dos recursos naturais e proporciona uma destinação sustentável do resíduo poluente gerado pelas lavanderias industriais.

Segundo Dias Júnior (2013) foram analisadas amostras contendo 5%, 10%, 15%, 20%, 25% e de 30% de lodo têxtil na massa cerâmica, para a fabricação de blocos. De acordo com os resultados obtidos através de ensaios que determinaram os parâmetros físicos, químicos e mecânicos, verificou-se que o bloco cerâmico contendo 10% de lodo apresentou-se dentro das normas vigentes, sem comprometer sua qualidade técnica. De acordo com ensaio de lixiviação, a concentração de metais contidos no lodo têxtil está abaixo dos prescritos pela norma ABNT NBR 10004(2004), portanto pode ser classificado como resíduo Não Perigoso, Classe II. Os valores obtidos no ensaio são apresentados na Figura a seguir.

Figura 3: Ensaio de lixiviação

Metais	Concentração (mg/L)	Limite Máximo (mg/L) NBR 10004(2004) (Anexo F)
Bário	4,929	70,0
Cádmio	0,006	0,5
Chumbo	0,030	1,0
Cromo	n.d	5,0
Fluoreto	0,60	150,0
Mercúrio	n.d	0,1
Prata	0,003	5,0
n.d.: valor não detectado pelo aparelho.		

Fonte: Dias Júnior (2013).

Nesse sentido, os esforços deste trabalho se debruçaram na utilização do lodo desidratado e incorporado junto ao solo das fundações e em áreas não impermeabilizadas de uma construção, que se apresentam como potencial alternativa para o destino do material.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

De acordo com Gil (2002), a metodologia é um conjunto de procedimentos que orientam e possibilitam o desenvolvimento da pesquisa. O estudo elaborado neste trabalho se denomina como exploratório e os métodos se definem como documental, pois usam informações já existentes, como as de livros, artigos científicos e documentos que não atendem a nenhum tratamento analítico.

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

A pesquisa do presente trabalho se denomina como exploratória e teve como objetivo determinar as características químicas a partir do rótulo dos produtos utilizados na lavagem e tratamento do efluente têxtil, recomendando alternativas para o destino desse lodo.

O lodo analisado foi proveniente da lavagem e tratamento de água de três lavanderias industriais situadas nas cidades de Nova Aurora, Santa Tereza do Oeste e Capitão Leônidas Marques, todas do Estado do Paraná.

3.1.2 Caracterização da amostra

De acordo com as informações contidas nos rótulos dos produtos empregados para a lavagem e para o tratamento do efluente nas três lavanderias, foram apontados os constituintes do lodo têxtil industrial, bem como algumas propriedades físico-químicas de relevância. Os relatórios dos produtos foram fornecidos pelos fabricantes para que pudéssemos levantar as principais características.

A partir da identificação das substâncias contidas nos produtos buscou-se identificar a faixa de pH e sua função durante a lavagem. Esses dados são úteis para determinar o tratamento para estabilização do lodo.

3.1.3 Tratamento/neutralização do lodo têxtil

Mesmo estando neutralizado, o produto final contém gordura em decorrência do material têxtil, portanto, ele deve ser tratado para que possa estar em contato direto com o solo.

Em levantamento preliminar, observa-se que a cal (óxido de cálcio, CaO), após hidrolisar em meio aquoso forma o hidróxido de cálcio [Ca(OH)_2], substância que em solução aquosa caracteriza-se pela elevada alcalinidade.

Nesse sentido, a adição da cal promove a reação com os produtos ácidos do lodo têxtil a partir da liberação dos grupos hidroxila (OH^-), os quais são responsáveis pela elevação do pH até a neutralidade, além de desidratação dos compostos orgânicos gordurosos.

Em paralelo, o íon cálcio (Ca^{+2}) forma sais neutros com o íon hipoclorito e bissulfito. Esses sais neutros em contato com a água hidrolisam, gerando ácidos e bases com mesma intensidade de força, não alterando o pH inicialmente neutralizado.

3.1.4 Estudo do lodo do esgoto

Existe um estudo com o potencial da aplicação do lodo gerado em estações de tratamento de esgotos em massas cerâmicas para confecção de tijolos.

Como matéria-prima foi utilizado um solo argiloso com dois diferentes tipos de lodo: o primeiro, oriundo de um sistema convencional de lodos ativados e condicionados com cal e cloreto férrico e desaguados em filtro-prensa de placas; e o segundo oriundo de um reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB), desaguado em leito de secagem e sem condicionamento químico, (NUVOLARI; CORAUCCI FILHO, 2003).

Conforme o autor citado anteriormente, os lodos foram misturados ao solo nas proporções de 0, 10, 20 e 30% (em peso seco).

Após análise do processo citado anteriormente, pegou-se os resultados e comparou-se a característica do lodo de esgoto com o lodo têxtil para que pudesse ser avaliado se seria possível sua utilização na mesma proporção.

3.1.5 Ensaio laboratorial

O ensaio realizado foi o mesmo que o ensaio de umidade feito em solos, porém, não apenas para determinar a umidade e sim para determinar se o lodo têxtil pode sofrer hidratação e desidratação sem alterar sua massa e volume. Para a realização do experimento, primeiramente retirou-se 10 amostras de lodo de lavanderia, no mesmo horário e aproximadamente na mesma quantidade, que foram levadas para ensaio de laboratório.

Com este lodo disponível, pegou-se uma amostra que foi inserida em cadinhos de porcelana e em seguida determinou-se o peso da cápsula e do conjunto cápsula-lodo. Esse material foi levado para a estufa, em uma temperatura de 110° C, onde permaneceu por 24 horas. Atingido o tempo de desidratação pesou-se novamente para determinar a quantidade de água que evaporou.

Após coletado os dados, as amostras foram hidratadas com água em excesso e levadas para a estufa por mais 24 horas, onde coletou-se novamente os dados referentes à massa, para que pudesse ser determinado se o lodo sofria alterações devido à umidade. Com esses dados em mão fez-se um cálculo da diferença da massa total antes de ir para estufa, e da massa após retirada da estufa, obtendo, assim, a quantidade e percentual de água existente na amostra. Abaixo segue a tabela 1, onde são apresentados os dados obtidos em laboratório.

Tabela 1 – Ensaio de umidade

	MASSA CÁPSULA (g)	MASSA LODO ÚMIDO (g)	MASSA LODO SECO 1 (g)	MASSA LODO SECO 2 (g)	MASSA DE ÁGUA (g)
AMOSTRAS					

Fonte: Os Autores (2016)

Foi pesada a “massa da cápsula” por meio de balança de precisão.

“Massa lodo úmido” é o conjunto cápsula-lodo.

“Massa lodo seco 1” é a massa cápsula-lodo após 24 horas em estufa.

“Massa lodo seco 2” é a massa do lodo seco que foi novamente umedecido para mostrar que o lodo não perde massa quando recebe umidade.

“Massa de água” é a diferença da “massa lodo úmido” e “massa lodo seco 1”.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADO E DISCUSSÕES

4.1.1 Caracterização do lodo têxtil

Através de relatórios fornecidos pelos fabricantes dos produtos utilizados nas lavanderias industriais de Nova Aurora, Santa Tereza do Oeste e Capitão Leônidas Marques, analisou-se o nível de pH dos produtos, conforme figura 4.

Figura 4 – Produtos utilizados

NOME SUBSTÂNCIA	FORMULA/CONSTITUIÇÃO QUÍMICA	PH	DADOS RELEVANTES
Fixador de corantes índigo	Derivados de poliaminas alifáticas	3,0 -- 5,0	Melhora a solidez a lavagem do índigo
Agente multifuncional	Tensoativos não iônicos, alcalinizantes, sequestrantes e sais inorgânicos.	6,5 -- 8,5	Remoção de metais e impurezas de fibras celulósicas
Hipoclorito de sódio	Alcalino corrosivo	11 -- 13	Usado para branqueamento e para tratamento do efluente
Agente umectante	Dioctil sulfosuccinato de sódio	7,0 -- 1,0	Poder umectante e boa estabilidade nas temperaturas
Essência floral	Essência	7,0 -- 1,0	Formulação ou pulverização para um bom residual nos tecidos
Amaciante concentrado	Condensação de ácido graxo e silicone	5,0 -- 1,0	Proporciona maciez e lisura
Anti migrante-concentrado	Composição de tensoativos não iônicos	6,5 -- 8,5	Desengomagem, estonagem e alvejamento
Sulfato de Alumínio Isento de Ferro Sólido	Ferro e alumínio com alcalinidade e acidez livre	3 -- 4	Coagulante de impureza
Metabissulfito de sódio	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	4,0 -- 4,8	Agente anticloro, usado no branqueamento
Peróxido de hidrogênio	H_2O_2	01 -- 04	Tratamento de água, agente descolorante
Super Na - Super Anf	Polímero, acrilamida	04 -- 09	Floculador, usado no tratamento do efluente

Fonte: Os Autores (2016)

O tratamento do lodo é composto de diversas fases, sendo que, inicialmente ocorre a adição de sulfato de alumínio[$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$], o qual é responsável pela coagulação e floculação. Com relação a cal percebe-se que a maioria das substâncias apresentam características ácidas, fato que justifica o emprego da substância. Considerando as propriedades químicas da cal (base alcalina), todos os produtos contidos na figura 4 acima podem ser neutralizados com a utilização da cal, tornando assim o produto com baixo potencial toxicológico.

4.1.2 Ensaio laboratorial

Após ensaio realizado em laboratório com diferentes amostras foi possível estabelecer a relação de desidratação do lodo. Conforme figuras 5a e 5b, apresentas abaixo:

Figura 5a – Balança de precisão



Fonte: Os Autores (2016)

Figura 5b – Amostras do lodo têxtil



Os resultados obtidos no ensaio foram apresentados em uma tabela, conforme tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de umidade

	MASSA CAPSULA (g)	MASSA LODO ÚMIDO (g)	MASSA LODO SECO 1 (g)	MASSA LODO SECO 2 (g)	MASSA DE ÁGUA (g)
AMOSTRA 1	38,6010	56,3120	41,8306	41,8203	14,4814
AMOSTRA 2	27,8709	46,0828	31,0587	31,0969	15,0241
AMOSTRA 3	27,0890	49,4264	31,0602	31,0460	18,3662
AMOSTRA 4	24,7546	43,9779	28,2440	28,2193	15,7339
AMOSTRA 5	34,1431	63,5214	39,4150	39,4000	24,1064
AMOSTRA 6	49,0975	68,5190	66,0400	65,4410	2,4790
AMOSTRA 7	24,5530	34,2000	32,9617	32,9241	1,2383
AMOSTRA 8	22,3745	35,0046	33,3863	33,3353	1,6183
AMOSTRA 9	29,9599	42,9597	41,1993	41,1509	1,7604
AMOSTRA 10	24,3584	37,9570	36,1465	36,0995	1,8105

Fonte: Os Autores (2016)

Tabela 3 – Resultados do ensaio de umidade

	% DE UMIDADE		% DE UMIDADE
AMOSTRA 1	25,71	AMOSTRA 6	3,62
AMOSTRA 2	32,60	AMOSTRA 7	3,62
AMOSTRA 3	37,15	AMOSTRA 8	4,62
AMOSTRA 4	35,78	AMOSTRA 9	4,09
AMOSTRA 5	37,95	AMOSTRA 10	4,77

Fonte: Os Autores (2016)

As amostras 1 a 5 foram feitas utilizando lodo têxtil com teor de umidade em torno de 35%. Esse lodo não deve ser destinado a aterros com esse teor de umidade devido ao excesso de massa de água que torna o material pesado, além de possuir uma característica que o torna de difícil mistura com outros materiais, como por exemplo, o solo. Abaixo segue a figura 6a, que mostra o lodo úmido, recém saído do tratamento.

Já as amostras 6 a 10 foram feitas com um lodo têxtil aparentemente seco, ou seja, um lodo que ficou armazenado por dois meses em local coberto e perdeu sua umidade espontaneamente. Esse lodo teve teor de umidade em torno de 4,8%, portanto, por possuir característica de pó, torna-se fácil sua mistura com outro material (solo). Abaixo segue a figura 6b, que mostra o lodo recém saído do tratamento.

Figura 6a – lodo úmido



Figura 6b – Lodo aparentemente seco



Fonte: Os Autores (2016)

Os valores das amostras 2 e 6 sofreram alterações maiores devido à troca de material que ficou preso na espátula que foi usada para seu manuseio.

Notou-se que o lodo, após hidratado novamente, mantém a característica de pó e não perde massa e volume. Desse modo pode ser utilizado como agregado do solo para a execução de aterros, pois sua característica e comportamento não prejudica a compatibilidade e estabilidade do aterro, ou seja, seu uso não propicia a ocorrência de recalques (movimentação do aterro). Porém, o lodo têxtil úmido, deve ficar em local coberto em tempo suficiente para que perca umidade e se torne aparentemente seco, com teor de umidade inferior a 10%.

Durante o desenvolvimento da atividade exploratória não realizou-se ensaios em relação ao comportamento químico do material a longo prazo, realizou-se apenas ensaios físicos de hidratação e desidratação.

Observou-se nos ensaios que o material úmido não pode ser empregado diretamente devido a sua dificuldade de mistura e por não possuir rigidez, tornando o aterro instável e potencializando recalques.

Após seco, o lodo têxtil deixa de ter característica plástica e passa a virar pó. E caso volte a ter contato novamente com a umidade, ele não volta a sua característica inicial.

4.1.3 Análise comparativa com o estudo de lodo de esgoto

Foram avaliados os principais parâmetros tecnológicos (massa específica aparente pós-queima, retração, absorção de água e resistência à compressão) e ambientais (solubilização, lixiviação e radioatividade), tendo-se concluído que o lodo de esgoto pode ser utilizado em massa cerâmica na proporção de até 10%, (NUVOLLARI, 2004).

Assim como o lodo de esgoto, o lodo têxtil utiliza basicamente a cal em seu tratamento, portanto ambos possuem características semelhantes. Ou seja, o lodo têxtil também pode ser utilizado em massa cerâmica na proporção de 10% para a fabricação de tijolos, telhas cerâmicas e materiais cerâmicos.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste trabalho foi sugerir destinações para o lodo têxtil na construção civil. A partir dos produtos utilizados em lavanderias foi feito um estudo da característica do lodo, para assim sugerir melhores locais para sua utilização.

Por se tratar de um material do qual não havia estudos a respeito, foi feito um ensaio de umidade para determinar se o mesmo perde massa e volume quando em contato com a umidade. Observando que isso não ocorre, foi possível sugerir um destino sem que o emprego deste material altere a qualidade de onde será destinado.

Concluiu-se que este trabalho serve como justificativa para que o lodo têxtil deixe de ser encaminhado para os aterros industriais e sirva como agregado do solo para a execução de aterros na construção civil. O lodo têxtil não oferece risco ao solo pois é um material com substâncias químicas neutralizadas.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para que haja um maior conhecimento sobre o lodo têxtil sugere-se a realização de trabalhos voltados para:

- Desenvolver a proporção de lodo têxtil que pode ser aplicado em aterros;
- Estudo para descobrir a viabilidade de usar o lodo como agregado em concreto armado e uma análise comparativa de custos de transporte e custo de destinação;
- Estudo para descobrir o efeito do emprego de lodo têxtil em hortas, lavoura e plantio de frutas.

REFERÊNCIAS

- ALCARDI, J. C. **Corretivos de acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. Disponível em: <<http://www.institutounipac.com.br/aulas/2013/1/UBAGR06N1/001225/000/Corretivos%2520-%2520Alcarde%2520Anda%252004.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- _____. **NBR 11174: Armazenamento de resíduos classe II – não inertes e III- inertes**. Rio de Janeiro, 1990.
- _____. **NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 1997.
- CAMPELLO, G. **Setor da cal ganha selo de responsabilidade socioambiental**. In: Revista Arquitetura & Construção – 11/2009. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/construcao-sustentavel-responsabilidade-socioambiental-selo-cal-514881.shtml>>. Acesso em: 16 set. 2016.
- DIAS JR., M. L. **Incorporação de lodo têxtil em blocos cerâmicos**. TCC Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apucarana, 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3405/1/AP_COPEQ_2012_2_03.pdf>. Acesso em: 29 maio 2016.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- KAMINATA, O. T. **Aproveitamento do lodo gerado no tratamento de efluente da indústria de lavanderia têxtil na produção de bloco de cerâmica vermelha**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Maringá, 2008. Disponível em: <<http://nou-rau.uem.br/nou-rau/document/?code=vtls000210623>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
- KUNZ, A.; ZAMORRA, P. P. **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis**. In: Quim. Nova, vol. 25, nº 1, p. 78-82, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v25n1/10428.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2016.
- LIMA JR., R. M. **Desenvolvimento de um sistema com banco de dados para a classificação e caracterização de resíduos e gases industriais**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Química. Campinas, 2001. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000228125&fd=y>>. Acesso em: 26 maio 2016.

LOPES, L. F. *et al.* **Utilização agrícola de lodo industrial como fonte de zinco na cultura do crisântemo.** 2004. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/%0D/hb/v22n3/a24v22n3.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2016.

MAROUN, C.A. **Manual de gerenciamento de resíduos.** 2006. Disponível em:
<venus.maringa.pr.gov.br/residuos/arquivo.php?id=92>. Acesso em: 13 out. 2016.

MARQUES, G. L. de O. **Notas de aula da disciplina pavimentação.** Universidade Federal de Juiz de Fora. 2006. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2012/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2016.

NUVOLARI, A., CORAUCCI FILHO, B. **Inertização de lodo de esgoto em tijolos cerâmicos maciços: aspectos tecnológicos e ambientais.** Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2002. Disponível em:
<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000293680&fd=y>>. Acesso em: 16 set. 2016.

PIETROBON C. L. R. *et al.* **Lixiviação de contaminantes de compostos de lodo cimento.** In: *Acta Scientiarum. Technology*. v. 26, no. 1, p. 45-52, Maringá, 2004.
Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/viewFile/1552/895>>. Acesso em: 23 maio 2016.

PRIM E. C. C. *et al.* **Reaproveitamento do Lodo da Industria Têxtil como material de construção civil – Aspectos ambientais e tecnológicos.** XXVI CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL AIDIS.
Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/peru/brases172.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2016.

RABELO, D. **Manual de gerenciamento de resíduos.** SEBRAE. Disponível em:
<<http://www.sebraepr.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Lavanderia.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2016.

VISVANATHAN, C. **Hazardous waste disposal (Eliminação de resíduos perigosos).** In: *Visvanathan / Resources, Conservation and Recycling* 16 (1996), p. 201-212. Disponível em:
<<http://uhl2332wikiosh.wikispaces.com/file/view/hazardous+waste+disposal.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2016.