

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
ETEC TRAJANO CAMARGO
ENSINO MÉDIO INTEGRADO AO TÉCNICO EM QUÍMICA**

**AMANDA SANTOS ROCHA
CAROLINE DE SOUZA LIMA
SAMANTHA MORGADO PEREZ**

**APLICAÇÃO DO RESÍDUO DE GESSO DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA
CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO**

Orientador (a): Prof.^a Dra. Gislaine Ap. Barana Delbianco

LIMEIRA-SP

2021

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
Etec TRAJANO CAMARGO
ENSINO MÉDIO INTEGRADO AO TÉCNICO EM QUÍMICA

AMANDA SANTOS ROCHA
CAROLINE DE SOUZA LIMA
SAMANTHA MORGADO PEREZ

APLICAÇÃO DO RESÍDUO DE GESSO DA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA
CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO

Orientador(a): Prof.^a Dra. Gislaine Ap. Barana Delbianco

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Curso de Química, da ETEC
Trajano Camargo, como pré-requisito para
obtenção de título de técnico em Química. Prof.
Dra. Gislaine Ap. Barana Delbianco

LIMEIRA-SP

2021

Dedicamos este trabalho aos nossos pais, amigos, professores e profissionais, que nos auxiliaram e nos motivaram a dar o máximo de nós mesmas, depositando confiança em nosso potencial e incentivando nossa persistência com amor, carinho e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos acima de tudo, a Deus que sempre nos capacitou e nos forneceu resistência para permitir a realização do Trabalho de Conclusão de Curso, em meio a um período pandêmico. Somos gratas a toda instituição e sua equipe por todo o ensino e conhecimentos aplicados, em especial a professora Gislaine Ap. Barana Delbianco, por todo o apoio e dedicação, e a Leticia Provinciatto Prado pelo auxílio nas atividades do laboratório. Também aos nossos amigos, que mesmo distantes, de certa forma nos auxiliaram em nosso processo. Devemos nossa gratidão a nossa família que não mediram esforços para que concluíssemos essa etapa das nossas vidas.

Em particular, agradecemos ao vereador Albert Henrique Neves e sua equipe, aos responsáveis do Flora Raimundo e do Citro Pires pela contribuição na obtenção dos materiais.

*“Aprendi que a coragem não é a ausência
de medo, mas o triunfo sobre isso”*

Nelson Mandela

RESUMO

Resíduos da construção civil são materiais utilizados em obras e considerados lixos por não terem mais utilização na aplicação a qual foi designada. Nesse sentido, há uma alta problemática no descarte desses resíduos, pois são produzidos em grande escala, mas grande parte não recebe a destinação correta e acabam sendo dispostas clandestinamente em terrenos baldios, áreas de preservação, vias e logradouros públicos. O gesso é um desses resíduos e é um material branco fino que em contato com a água se hidrata, formando um produto não hidráulico e rijo. Essencialmente é constituído por sulfato de cálcio hemi-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$), anidritas solúveis e insolúveis (CaSO_4) e sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que são nutrientes muito importantes para o crescimento das plantas. Sendo assim, desenvolveu-se análises físico-químicas e estudos das propriedades e características do gesso, assim como suas formas de reciclagem, e maneiras de aplicá-los na correção do solo para melhorar a sua eficiência.

PALAVRAS-CHAVES: gesso, construção civil, correção do solo.

ABSTRACT

Construction waste is materials used in works and considered waste because they no longer have use in the application to which it was designated. In this sense, there is a high problem in the disposal of these residues, as they are produced on a large scale, but most do not receive the correct destination and end up being arranged clandestinely in wasteland, preservation areas, public roads and places. Gypsum is one of these residues and is a thin white material that in contact with water hydrates, forming a non-hydraulic and hard product. Essentially consists of hemihydrate calcium sulfate ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$), soluble and insoluble anhydrititis (CaSO_4), and dihydrate calcium sulfate ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), which are very important nutrients for plant growth. Therefore, physicochemical analyses were developed and studies of the properties and characteristics of gypsum, as well as its ways of recycling, and ways to apply them in soil correction to improve their efficiency.

KEYWORDS: gypsum, construction, soil correction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Total de RCD coletado no Brasil e por região do Brasil	7
Figura 2: Fluxograma do processo de produção de gesso.....	12
Figura 3: Gipsita bruta em cor amarelada	14
Figura 4: Participação da produção mundial dos principais países produtores de Gipsita em 2016	16
Figura 5: Reação do gesso no solo	17
Figura 6: Antes e depois da Gessagem.....	18
Figura 7: Reação de Calagem	19
Figura 8: Ciclo do Enxofre.....	20
Figura 9: Modelos de Economia Linear e Circular	24
Figura 10: Atividades Experimentais	26
Figura 11: Horta comunitária	27
Figura 12: Localização do Flora Raimundo (1) e Citro Perez (2).....	27
Figura 13: Local de retirarem do Resíduo de gesso	28
Figura 14: Escala de pH	29
Figura 15: Plantação de alface da horta comunitária	31
Figura 16: Plantação de couve da horta comunitária	31
Figura 17: Peneiras Granulométricas	32
Figura 18: Diluição Cloreto de Potássio (KCl)	34
Figura 19: Transferência e complementação da solução	34
Figura 20: Béqueres com 25mL de solução salina e 10g de cada amostra de solo.....	35
Figura 21: Medição de Solução Salina.....	37
Figura 22: Medição de pH.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Indicadores de Geração de RCC em uma Edificação.....	8
Tabela 2: Composição química teórica das espécies químicas do gesso	11
Tabela 3: Características mineralógicas	13
Tabela 4: Gipsita bruta em cor amarelada.....	15
Tabela 5: Reações de Formação do Ácido Sulfúrico, Nítrico e Nitroso	22
Tabela 6: Resultados em gramas da Análise Granulométrica	32
Tabela 7: Cálculos de % granulométricas	32
Tabela 8: Resultados da análise de umidade	33
Tabela 9: Resultados da análise de pH	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
2. OBJETIVO	3
2.1. Objetivo Geral	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
3.1. Resíduos Sólidos	4
3.2. Resíduos de Construção Civil.....	6
3.2.1. Classificação dos Resíduos de Construção Civil.....	6
3.2.2. Geração de Resíduos de Construção Civil	7
3.2.3. Impactos Ambientais, Sociais e Econômicos.....	8
3.2.4. Descarte de Resíduos de Construção Civil em Limeira/SP	9
3.3. Propriedades e Características do Gesso	10
3.3.1. Propriedades físico-químicas do gesso	10
3.3.2. Produção de Gesso Natural	11
3.3.3. Gipsita	12
3.3.4. Influência Econômica.....	14
3.4. Gessagem.....	16
3.5. Calagem.....	18
3.6. Enxofre	19
3.7. Chuva Ácida	21
3.8. Correção de acidez do solo para plantas	23
3.9. Economia Circular	24
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
4.1. Coleta das Amostras de Solo e Resíduo de Gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).....	27
4.2. Análises Experimentais Físico-químicas	28
4.2.1. Análise Granulométrica.....	28
4.2.2. Teste de Umidade	29
4.2.3. pH do Solo	29
4.3. Aplicação da correção do pH do solo.....	30
5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS	31
5.1. Coleta das Amostras de Solo e Resíduo de Gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).....	31
5.2. Análises Experimentais Físico-químicas	31
5.2.1. Análise Granulométrica.....	31
5.2.2. Teste de Umidade	33

5.2.3. pH do Solo.....	34
5.3. Aplicação da correção do pH do solo.....	35
6. CONCLUSÃO	38

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Os Resíduos Sólidos da Construção Civil (RSCC), de acordo com a Resolução 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama), são aqueles “provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha” (GONÇALO, 2017).

A problemática dos resíduos de construção civil sempre esteve presente no Brasil, no entanto, nas últimas duas décadas ela vem recebendo uma maior atenção devido à grande quantidade que é produzida e a sua destinação final (FREITAS, 2009).

Os impactos negativos da construção civil vão desde o consumo dos recursos naturais e modificação da paisagem, até a geração de resíduos. Esses impactos comprometem não só o equilíbrio do meio ambiente, mas também os princípios sanitários das cidades (ARRUDA, 2020).

Mais de 80% dos municípios brasileiros não tratam de forma adequada o entulho gerado pela construção civil. E isso não é só um problema ambiental, é também um desperdício de dinheiro. Todos os anos, o Brasil descarta cem milhões de toneladas de entulho. Empilhada, essa sujeira toda formaria sete mil prédios de dez andares (G1.GLOBO, 2018).

O descarte incorreto de entulho além de gerar um problema ambiental é um desperdício de dinheiro. Algumas cidades do país utilizam o entulho para aterrar os resíduos domésticos nos aterros sanitários, um exemplo, a cidade de Belém. Economizando assim recursos públicos e contribuindo para solucionar o problema do descarte incorreto (ARRUDA, 2020).

A geração de resíduos de gesso resultante dos desperdícios na construção civil tornou-se um problema econômico e principalmente ambiental. Seu descarte deve ser tratado de forma separada dos demais materiais, conforme a Resolução do CONAMA no 307 (ALVES, 2007).

A deposição inadequada do resíduo de gesso pode contaminar o solo e o lençol freático, devido às características físicas e químicas do material, que, em contato com o ambiente, pode se tornar tóxico (CALHEIROS et al., 2017).

De acordo com Ângulo (2001), o gesso passou a ser considerado um material reciclável, assim como plásticos, papéis, metais e vidros, por exemplo. Para ser reaproveitado, contudo, os resíduos de gesso devem ser armazenados separadamente. Assim, chega-se a reciclar 100% do material, que possui inúmeras empregabilidades – além da reutilização na construção civil, pode

ser aplicado controladamente na agricultura para a correção de solos, como aditivo para compostagem, absorvente de óleos, controle de odores e secagem de lodos em estações de tratamento de esgoto.

A economia brasileira perde cerca de R\$ 120 bilhões por ano em produtos que poderiam ser reciclados, mas são deixados no lixo. “Geramos no país quase 80 milhões de toneladas de rejeitos por ano, e reciclamos apenas 3%”, diz o especialista em economia circular e sustentabilidade e coordenador do grupo de resíduos sólidos da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (Abimaq), Paulo Da Pieve, (SABBATINI, 2017).

Cálculos da Abrelpe (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais) apontam que nos últimos cinco anos foram enviados para lixões 45 milhões de toneladas de materiais recicláveis, que poderiam movimentar mais de R\$ 3 bilhões por ano (RODRIGUES, 2019).

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Estudar as propriedades e características do gesso, formas de reciclagem, e maneiras de aplicá-los na correção do solo para verificar a sua eficiência.

2.2. Objetivos Específicos

- Coletar gesso dos resíduos sólidos de construção civil em obras na cidade de Limeira-SP;
- Coletar amostras da Cal;
- Estudar as reações de Calagem e Gessagem para o tratamento;
- Estudar ensaios de eficiência;
- Realizar testes;
- Analisar a eficácia do tratamento.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Resíduos Sólidos

A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é bastante atual e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2020).

Institui a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos: dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na Logística Reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo e pós-consumo (BRASIL, 2020).

Cria metas importantes que irão contribuir para a eliminação dos lixões e institui instrumentos de planejamento nos níveis nacional, estadual, microrregional, intermunicipal e metropolitano e municipal; além de impor que os particulares elaborem seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2020).

De acordo com a PNRS, os resíduos sólidos são classificados quanto à origem e à periculosidade (FIEP, 2014). Quanto à origem, podem ser:

- a) **resíduos domiciliares:** são resíduos originários das atividades domésticas em residências urbanas;
- b) **resíduos de limpeza urbana:** são resíduos originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, e outros serviços de limpeza urbana;
- c) **resíduos sólidos urbanos:** quando compreendem os resíduos domiciliares e os resíduos de limpeza urbana;
- d) **resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços:** são resíduos gerados nessas atividades, excetuados os resíduos de limpeza urbana, os resíduos de serviços públicos de saneamento básico, de serviço de saúde, serviços de transporte e de construção civil. Se os resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços forem caracterizados como não perigosos, os mesmos podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal;
- e) **resíduos dos serviços públicos de saneamento básico:** são resíduos gerados nessas atividades, excetuados os resíduos sólidos urbanos;
- f) **resíduos industriais:** são resíduos gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

- g) **resíduos de serviços de saúde:** são resíduos gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) **resíduos da construção civil:** os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) **resíduos agrossilvopastoris:** são resíduos gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) **resíduos de serviços de transportes:** são resíduos originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários, além de passagens de fronteira;
- k) **resíduos de mineração:** são resíduos gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

A norma NBR 10004/04 da ABNT dispõe sobre a classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública para que possam ser gerenciados adequadamente. A norma classifica os resíduos nos seguintes grupos (ARRUDA, 2020).

- **Resíduos classe I – Perigosos:** Para um resíduo ser considerado perigoso, ele deve apresentar pelo menos uma das características seguintes: inflamabilidade, corrosividade, toxicidade, reatividade e/ou patogenicidade
- **Resíduos classe II – Não perigosos:** São os resíduos não perigosos e que não se enquadram na classificação de resíduos classe I e são divididos em: Resíduos classe II A – Não Inertes e classe II B – Inertes
- **Resíduos classe II A – Não inertes:** São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou de resíduos classe II B e podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água
- **Resíduos 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 deionizada, 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

3.2. Resíduos de Construção Civil

Resíduos da construção civil são quaisquer materiais utilizados em uma obra e considerados lixo por não terem mais utilização na aplicação a qual foi designada. Esses resíduos precisam ser tratados de maneira adequada para que possam ser reciclados e reutilizados ou descartados. A classificação do lixo da construção civil é dividida pelos tipos de materiais utilizados na execução dos serviços de uma obra. Os tipos de resíduos são classificados de acordo com a resolução no 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Podem ser de classe A, classe B, classe C ou classe D (PEREIRA, 2017).

A construção civil é um dos segmentos da sociedade que serve como referência de desenvolvimento e indicador do crescimento econômico e social, contudo também constitui uma atividade geradora de grandes impactos ambientais e seus resíduos representam um problema a ser administrado. Os empreendimentos, sejam eles grandes ou pequenos, geram grande quantidade de resíduos durante as obras, além do intenso consumo de recursos naturais. Nesse sentido, o setor da construção civil se depara com um grande desafio, uma vez que esses resíduos não podem ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos ou em áreas protegidas por lei (DELBIANCO, 2018).

3.2.1. Classificação dos Resíduos de Construção Civil

Segundo Cardoso (2017), a composição dos resíduos sólidos da construção civil é classificada conforme resolução da CONAMA 307 Art. 3º. Sendo:

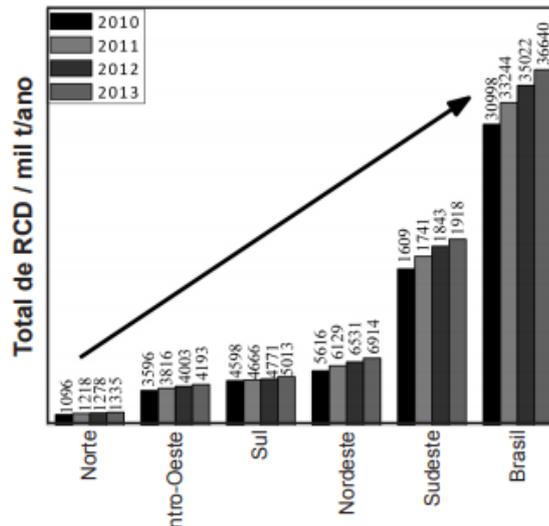
- Classe A: Materiais que podem ser reciclados ou reutilizados como agregado em obras de infraestrutura, edificações e canteiro de obras. Exs: Tijolos, telhas e revestimentos cerâmicos; blocos e tubos de concreto e argamassa.
- Classe B: Materiais que podem ser reciclados e ganhar outras destinações. Exs: Vidro, gesso, madeira, plástico, papelão e outros.
- Classe C: Resíduos da construção civil para os quais não foram desenvolvidas tecnologias viáveis que permitam sua reciclagem. Para os materiais que geram resíduos desta classe, evitar o desperdício é palavra de ordem. Exs: Isopor, massa corrida, massa de vidro.
- Classe D: Resíduos perigosos que causam risco a saúde humana e ao meio ambiente, podendo ser tóxicos, explosivos, inflamáveis ou capazes de transmitir doenças. Exs: tintas, solventes, ferramentas.

3.2.2. Geração de Resíduos de Construção Civil

Toda e qualquer atividade desenvolvida no setor da construção civil são geradoras de resíduos. Nesta atividade, os altos índices de entulhos gerados são provenientes das perdas durante o processo executivo da obra. Esse diagnóstico é um parâmetro que caracteriza a construção civil como um dos setores que mais degrada o meio ambiente (SILVA e NORATO, 2015).

Os resíduos sólidos da construção civil (RSCC) estão presentes em todo tipo de obra, não tem como escapar. A Construção Civil não é destaque somente como indústria de grande impacto na economia, também é a responsável por produzir 50% dos resíduos do país, segundo a Figura 1 (CARDOSO, 2019).

Figura 1: Total de RCD coletado no Brasil e por região do Brasil



Fonte: L. L. Brasileiro, J. M. E. Matos, 2015

A quantidade de entulhos gerados durante a obra pode variar dependendo do poder aquisitivo e da estrutura do empreendimento. Pinto (2005) aponta que, em alguns municípios do território brasileiro, mais de 75% dos resíduos da construção civil são provenientes de construções informais (obras não licenciadas), ou seja, classe com menor poder aquisitivo, enquanto 15% a 30% são oriundas de obras formais (licenciadas pelo poder público). Esse dado nos remete a uma realidade crítica do setor, segundo a tabela 1 (SILVA e NORATO, 2015).

Tabela 1: Indicadores de Geração de RCC em uma Edificação

FASE	RESÍDUOS GERADOS	PRAZO ESTIMADO	INDICADOR DE GERAÇÃO
DEMOLIÇÃO	Classe A e C	De 10 a 30 dias	800 a 1000 Kg/m ² ³
ESCAVAÇÃO	Classe A	De 10 a 20 dias	1300 a 1400 Kg/m ² ⁴
CONSTRUÇÃO	Classe A, B, C e D	De 6 a 48 meses	100 a 150 Kg/m ² ⁵

Fonte: SILVA e NORATO, 2015

3.2.3. Impactos Ambientais, Sociais e Econômicos

Você deve saber que a indústria da construção civil ocupa posição de destaque na economia nacional e que é responsável também pelo contingente de pessoas que, direta ou indiretamente, emprega. Porém o que você não deve saber é o lado dessa indústria que é responsável por cerca de 50% do CO₂ lançado na atmosfera e por quase metade da quantidade dos resíduos sólidos gerados no mundo (CATALISA, 2019).

Assim, a construção civil aparece como vilã nos impactos ambientais, pois grande parte dos resíduos sólidos provenientes dela não recebe a destinação correta, e acabam sendo dispostas clandestinamente em terrenos baldios, áreas de preservação, vias e logradouros públicos. Nesse quadro, políticas públicas no Brasil voltadas ao gerenciamento de resíduos buscam mudar essa situação e impulsionar as empresas a gerenciarem sua produção de resíduos numa maneira mais sustentável, com a destinação final correta dos resíduos. É nesse cenário que o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil entra (CATALISA, 2019).

A resolução nº 001 do CONAMA, de 23 de janeiro de 1986 (BRASIL, 1986) considera impacto ambiental como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I. a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II. as atividades sociais e econômicas;
- III. a biota;

- IV. as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V. a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986, Artigo 1º).

Segundo Ribeiro, (2013) Os impactos ambientais do RCC são provenientes, em sua grande maioria, do expressivo volume gerado e da sua disposição ilegal em locais não adequados, tais como ruas, terrenos baldios, encostas e leitos de rios. A falta de efetividade ou a inexistência de políticas públicas que disciplinem e ordenem os fluxos da destinação do RCC nas cidades, associada ao descompromisso dos geradores no manejo e destinação dos resíduos, provocam os seguintes impactos ambientais:

- Degradação das áreas de manancial e de proteção permanente;
- Proliferação de agentes transmissores de doenças;
- Assoreamento de rios e córregos;
- Obstrução dos sistemas de drenagem, tais como piscinões, galerias e sarjetas;
- Ocupação de vias e logradouros públicos por resíduos, com prejuízo à circulação de pessoas e veículos, além da própria degradação da paisagem urbana;
- Existência e acúmulo de resíduos que podem gerar risco por sua periculosidade;
- Indução de escorregamentos;
- Aumento da turbidez e da quantidade de sólidos em suspensão em corpos d'água receptores;
- Modificações do lençol freático com rebaixamento ou elevação do nível de base local;
- Mudanças na dinâmica de movimentação das águas subterrâneas;
- Inundações à jusante.

3.2.4. Descarte de Resíduos de Construção Civil em Limeira/SP

Resíduos da Construção Civil, provenientes dos ecopontos, são destinados ao aterro de inertes localizado também no complexo do Aterro do Município. É necessário ressaltar que não há custo para disposição desse tipo de resíduo nos ecopontos desde que a quantidade não ultrapasse 1m³/habitante/dia. Acima dessa quantidade os resíduos são enviados diretamente ao aterro de inertes e há custo para a disposição. Uma empresa terceirizada é responsável também pelo transporte de resíduos da construção civil dos ecopontos ao aterro de inertes. (PINTO, 2017).

O sistema de gerenciamento de RCC contempla ainda 11 pontos de entrega voluntária de pequenos volumes (Ecopontos), localizados em cinco regiões estratégicas do município, as quais recebiam grandes volumes de disposições irregulares de RCC. Os Ecopontos recebem gratuitamente até 1 m³ de RCC por habitante por dia, além de materiais recicláveis (metal,

papel, plástico, vidro) e resíduos verdes (podas e resíduos provenientes da limpeza de terrenos) (LIMEIRA, 2015).

De acordo com o Jornal Oficial do Município, no mês de setembro de 2013, a taxa para deposição de resíduos da construção civil (entulhos) no aterro sanitário era de R\$ 9,69/m³, volumes com até 1m³ eram isentos dessa taxa. Ao considerar uma caçamba com capacidade para 5 m³, o valor da taxa para a disposição deste volume de RCC no aterro sanitário seria de R\$ 48,45. (ROSADO, 2015).

A partir do estudo populacional do município e do levantamento da geração de resíduos realizado pela Prefeitura durante seis dias, foi possível calcular a geração per capita dos RCC, o valor obtido foi de 0,69 t/hab./ano, estando um pouco acima das estimativas da CETESB para o Estado de São Paulo, que era de 0,51 t/hab./ano no mesmo período. Com os dados do levantamento, também estimaram que a massa mensal de entulhos a ser recebida seria de 400 toneladas/dia. (ROSADO, 2018).

Com relação ao problema “contaminação de RCC”, inserido em uma das entrevistas, também não foi encontrado indicador na literatura-base. Assim, propõe-se o indicador “taxa de RCC contaminado”. O cálculo para esse indicador se dá pela “quantidade, em quilograma ou tonelada, de RCC contaminado/quantidade total de RCC destinado ao aterro de inerte x 100”. Esse indicador fornece o percentual de RCC que, por estar contaminado, não podem ser dispostos em aterro de inertes. (PINTO, 2017).

3.3. Propriedades e Características do Gesso

O gesso é um material branco fino que em contato com a água se hidrata, formando um produto não hidráulico e rijo (LIBRELOTTO e FERROLI, 2020).

A construção civil vem usando cada vez mais o gesso, seja em revestimentos, rebaixamentos ou divisórias, o que deverá fazer com que aumente a procura por profissionais qualificados. O gesso para construção civil é um material pulverulento (pó) branco, obtido pela calcinação de uma rocha chamada gipsita (ADNORMAS, 2021).

Ele possui facilidade de moldagem, o que o faz um material excelente para fabricação de ornamentos utilizados como acabamentos e efeitos decorativos, como molduras e sancas; tem boa aparência, pois depois de endurecido apresenta superfície lisa e branca, dando ótimo acabamento, tanto em revestimentos de argamassa como em painéis ou adornos. Os revestimentos em gesso eliminam a necessidade de massa corrida na pintura, que precisa ser aplicada nos revestimentos com argamassa convencional (ADNORMAS, 2021).

3.3.1. Propriedades físico-químicas do gesso

- Elevada plasticidade da pasta;
- Pega e endurecimento rápidos;
- Finura equivalente ao cimento;
- Pequeno poder de retração na secagem e estabilidade volumétrica, garantem desempenho satisfatório quando utilizado como aglomerante na fabricação de pré-moldados ou aplicados como revestimento.

A propriedade de absorver e liberar umidade ao ambiente confere aos revestimentos em gesso um elevado poder de equilíbrio higroscópico, além de funcionar como inibidor de propagação de chamas, liberando moléculas d'água quando em contato com o fogo (LIBRELOTTO e FERROLI, 2020).

3.3.2. Produção de Gesso Natural

A produção do gesso se dá pela mineração e calcinação da gipsita, mineral natural produzido pela evaporação de mares. As fábricas de chapas de gesso e outros derivados da gipsita são instalações relativamente limpas, que liberam quase somente vapor d'água na atmosfera. A GIPSITA é um mineral encontrado em abundância em muitas partes do globo terrestre (LIBRELOTTO e FERROLI, 2020).

O gesso de construção é um aglomerante aéreo produzido pela calcinação da gipsita natural ou da gipsita residual, em fornos industriais, sob pressão atmosférica, em temperaturas entre 150 °C e 200 °C. O produto final, gesso de construção, é constituído essencialmente por sulfato de cálcio hemi-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$), anidritas solúveis e insolúveis (CaSO_4) e sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Sua composição química teórica é apresentada na tabela 2. As proporções dos elementos constituintes dependem da aplicação do produto a ser comercializado e são controladas durante o processo produtivo (JOHN; CINCOTTO, 2007).

Tabela 2: Composição química teórica das espécies químicas do gesso

Sulfatos	Fórmula	Massa molecular (g)	Composição (%)			Relação CaO/SO ₃
			H ₂ O	CaO	SO ₃	
Anidrita	CaSO ₄	136,14	0	41,19	58,81	0,7
Hemidrato	CaSO ₄ ·0,5 H ₂ O	145,15	6,20	38,63	55,15	0,7
	CaSO ₄ ·0,66H ₂ O	148,02	8,03	37,88	54,08	0,7
Gipsita	CaSO ₄ ·2 H ₂ O	172,17	20,99	32,57	46,5	0,7

Fonte: JOHN; CINCOTTO, 2007.

Segundo Pinheiro (2011), o processo de produção do gesso, a partir da utilização da gipsita natural, consta das etapas: (i) extração e preparação da matéria-prima; (ii) calcinação;

(iii) pulverização; (iv) ensilagem; e (v) acondicionamento, como podemos observar na Figura 2.

Figura 2: Fluxograma do processo de produção de gesso



Fonte: PINHEIRO, 2011

A extração e a preparação do minério de gipsita para calcinação envolvem atividades executadas nas minas e/ou nas usinas de calcinação, que têm como objetivos a redução do diâmetro do minério, a estocagem do material, a homogeneização e a secagem do material (JOHN; CINCOTTO, 2007).

Após a extração, os blocos de minério de gipsita são fragmentados mecanicamente de forma a viabilizar seu transporte até o setor de britagem, em geral, localizado junto às minas, onde os blocos fragmentados são submetidos à britagem, em britadores de mandíbulas, separados em frações granulométricas por um sistema de esteiras e transportados para as usinas (PINHEIRO, 2011).

Na calcinação ocorre a desidratação do minério, por meio do aquecimento da matéria prima em fornos, cujos processos dependem das características do gesso a ser produzido e dos equipamentos disponíveis (PINHEIRO, 2011).

Durante a etapa de pulverização, o gesso produzido na calcinação passa por uma moagem fina, de forma a adquirir a granulometria adequada à sua utilização. Em geral, as granulometrias são especificadas por norma. Em seguida, é armazenado em silos, com a finalidade de proporcionar a estabilização de seus constituintes (hemi-hidratados e anidritas), o que torna o material mais homogêneo e proporciona melhor qualidade ao gesso produzido (ABREU, 2005).

Para o acondicionamento do produto final, são utilizados sacos de papel kraft multifoldados, sacos plásticos ou big bags. As embalagens devem ser estanques, de forma a proteger o material da umidade ambiente. O contato do gesso com a umidade ambiente proporciona a hidratação parcial do gesso, formando sulfato de cálcio di-hidratado de ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), o qual age como acelerador de pega alterando as propriedades do produto (ABREU, 2005; JOHN; CINCOTTO, 2007; SNIP, 2002).

3.3.3. Gipsita

A gipsita é um sulfato cálcio di-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) que apresenta um variado interesse econômico na indústria e na agricultura, representando um dos minérios com maior

destaque entre as reservas minerais do Brasil para recursos não metálicos, sendo o maior produtor da América do Sul e o 14º no mundo, contribuindo com 1.2% da produção mundial. A necessidade do redimensionamento das reservas de gipsita decorre da aplicação e diversificação da matéria prima na construção civil e em produtos manufaturados (SANTOS, 2019).

A Gipsita ou Gipso é um desses minerais, um sulfato de cálcio hidratado com ampla distribuição, tendo origem de sedimentação dos evaporitos, possui variedade fibrosa, de granulação fina, e é gerado por meio da precipitação dos sais em processos de evaporação das massas de águas isoladas. Sua diversidade de utilizações é bastante ampla, onde a sua característica consiste na fácil desidratação e reidratação, tendo uma perda com cerca de $\frac{3}{4}$ de H₂O, enquanto é realizada a calcinação (OLIVEIRA, 2020).

Na tabela a seguir (tabela 3), é possível identificar as características fundamentais para o conhecimento do mineral, através dos dados mineralógicos.

Tabela 3: Características mineralógicas

Classificação	Sulfato	Fórmula Química	CaSO ₄ .2H ₂ O
Dureza	2º Escala de Mohs	Brilho	Vitreo, nacarado, sedoso.
Cor	Variável. Amarelado, incolor	Composição	CaO 32,6 %, SO ₃ 46,5%, H ₂ O 20,9%. Possível de sofrer processos de desidratação.
Cristalografia	Monoclínico	Clivagem	Perfeita em {010}
Hábito	Maciça, laminada e fibrosa	Densidade relativa	2,32
Fratura	Fibrosa	Utilidade	Produção do gesso, fertilizantes, para alguns fins ornamentais.

Fonte: OLIVEIRA, 2020.

A gipsita é utilizada de forma diretamente natural que geralmente é empregada na agricultura ou na área da indústria de cimento, como também, de forma calcinada, onde o exemplo principal é a utilização do gesso, que por sua vez é encaminhado para setores de construção civil, dental e hospitalares para meios ortopédicos, entre outros.

Figura 3: Gipsita bruta em cor amarelada



Fonte: Oliveira, 2020.

3.3.4. Influência Econômica

Em relação ao Interior, o Polo Gesseiro de Pernambuco festejou o ano de 2010 com o entusiasmo da perspectiva de uma década de crescimento do Brasil, a grande retomada do setor da construção civil e a promessa de desenvolvimento duradouro. Isso fez com que os empresários das indústrias do gesso do Araripe investissem maciçamente na ampliação da capacidade produtiva, além do surgimento de novas empresas atraídas pela demanda crescente e a pouca oferta dos produtos de gesso, onde o parque fabril se mostrava comprometido em sua capacidade (FILHO, 2021).

O Arranjo Produtivo Local (APL) do gesso obteve crescimento expressivo já em 2010 em relação ao ano anterior, com 28% registrados. Em 2011 o crescimento foi de 20%. Contudo, em 2012 a desconfiança do mercado começou no setor da construção civil, provocando uma recessão no setor gesseiro que viu a queda de 4% na produção, voltando a crescer em 2013 em modestos 4,5% e praticamente zerando em 2014, em decorrência da influência negativa para os negócios com o Carnaval em março, a Copa do Mundo de Futebol em junho, e as eleições em outubro e novembro, prejudicando sobremaneira todos os negócios, como comparação, pode se ver na tabela 4 os dados referentes a 2014 da produção mundial de Gipsita (FILHO, 2021).

Tabela 4: Gipsita bruta em cor amarelada

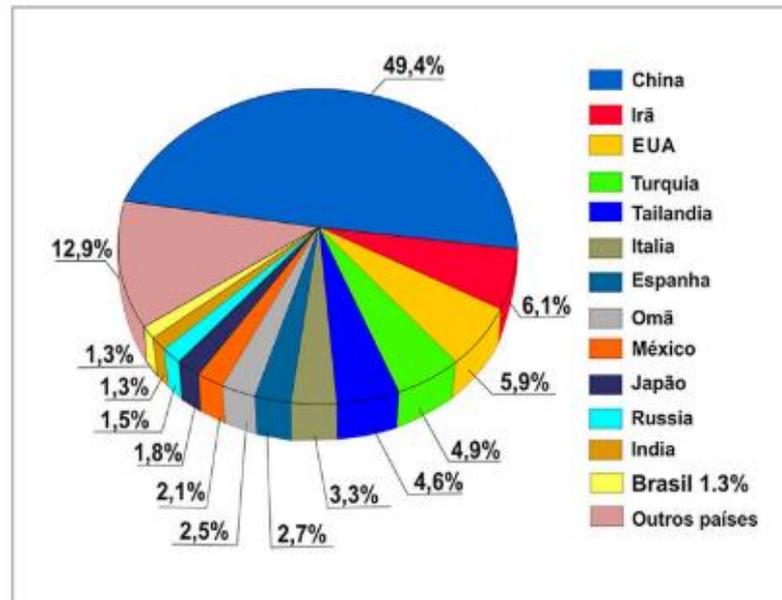
PRODUÇÃO MUNDIAL DE GIPSITA POR PAIS						
(em milhares de toneladas métricas)						
POSIÇÃO	PAIS	2006	2007	2008	2009	2010
1	China	42.000	48.000	46.000	45.000	47.000
2	Iran	12.000	12.000	12.000	13.000	13.000
3	Espanha	11.500	11.500	11.500	11.500	11.500
4	Estados Unidos	18.600	15.700	12.300	10.400	8.840
5	Tailândia	8.355	8.643	8.500	8.500	8.500
6	Japão	5.796	5.850	5.800	5.750	5.700
7	Itália	2.860	5.459	4.139	4.130	4.130
8	México	6.076	6.080	5.135	5.757	3.560
9	Austrália	4.265	3.896	3.500	3.500	3.500
10	Turquia	4.370	3.241	3.000	3.100	3.200
11	Rússia	2.600	3.000	3.600	2.900	2.900
12	Canadá	9.036	7.562	5.740	3.540	2.717
13	Índia	2.450	2.500	2.550	2.600	2.650
14	Egito	2.000	3.007	2.381	2.500	2.400
15	Brasil	1.712	1.884	2.239	2.348	2.350
16	França	4.800	4.800	2.339	2.300	2.300
17	Alemanha	1.771	1.898	2.112	1.898	1.822

Fonte: SINDUSGESSO, 2014

Em 2016, a produção mundial de gipsita foi estimada em 263,4 Mt, um aumento de 0,7% em relação ao ano de 2015, segundo o United States Geological Survey - USGS. A China continua sendo o país que mais produz gipsita (130 Mt), representando 49,4% de toda a produção de 2016 (USGS, 2017).

O segundo e terceiro lugares são ocupados por Irã (16 Mt) e Estados Unidos (15 Mt), respectivamente. O Brasil figura como o maior produtor da América do Sul e o 13o do mundo, com uma produção em 2016 de aproximadamente 3,3 Mt, valor que representou 1,3% do total mundial (USGS, 2017). O gráfico da Figura 4 ilustra a participação dos principais países produtores de gipsita ao redor do mundo.

Figura 4: Participação da produção mundial dos principais países produtores de Gipsita em 2016



Fonte: USGS – Mineral Commodity Summaries, 2017

De acordo com dados do DNPM (QUEIROZ FILHO et al., 2015), no ano de 2014, a produção brasileira de gipsita bruta (Run of Mine – ROM) alcançou 3,45 Mt, um aumento de 3,6% em relação ao ano anterior. Pernambuco é o principal estado produtor de gipsita do Brasil, e em 2013, foi responsável por 84,3% da produção nacional, em seguida ficaram os estados: do Maranhão (10,4%), Ceará (2,6%), Tocantins (1,1%), Amazonas (0,8%), Pará (0,5%) e o Rio Grande do Norte (0,3%).

No Estado de Pernambuco destaca-se como Polo produtor, o “Polo gesseiro do Araripe”, situado no extremo oeste pernambucano é formado pelos municípios de Araripina, Trindade, Ipubi, Bodocó e Ouricuri. As empresas que mais produziram gipsita no Brasil foram: Mineradora São Jorge S/A, Rocha Nobre Mineração Ltda, Mineração Pernambucana de Gipsita Ltda, Alencar & Parente Mineração Ltda, Votorantim Cimentos N/NE S.A, Mineradora Rancharia Ltda, Mineração Alto Bonito Ltda, CBE - Companhia Brasileira de Equipamento (Grupo João Santos) e Royal Gipso Ltda. Em conjunto, essas empresas foram responsáveis por 63% da produção nacional em 2014 (QUEIROZ FILHO et al., 2015).

3.4. Gessagem

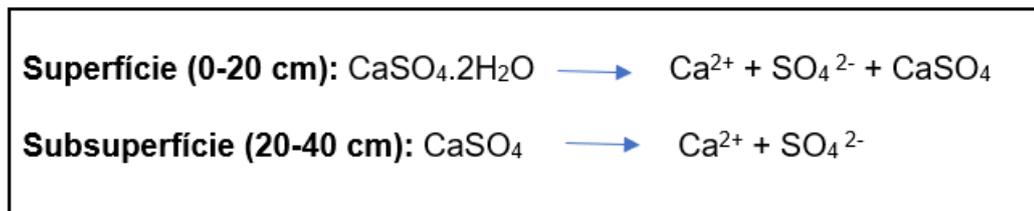
O chamado Gesso Agrícola, ou fosfogesso, resulta da produção em laboratório de Superfosfato Triplo (STP), MAP e DAP através da reação entre ácido sulfúrico e rocha

fosfatada moída. Assim, trata-se de um sal neutro composto principalmente por cálcio, enxofre, fósforo e, em menor quantidade, por minerais como boro, zinco e cobre. (EQUIPE ATHENAS AGRÍCOLA, 2019).

O gesso tem uma resposta de melhorador do ambiente radicular, em profundidade. E as pesquisas já comprovaram esse efeito nas culturas como soja, milho e trigo. O gesso possibilita à planta uma melhor distribuição das raízes no solo, podendo aproveitar maior volume de água em épocas de estiagem (HENRIQUE, 2020).

O gesso, devido a sua alta solubilidade (quando comparado ao calcário), consegue percolar até as camadas mais profundas do solo. Quando aplicado, sua fórmula se dissocia liberando parte do Ca e do S em superfície, nas formas de Ca^{2+} e SO_4^{2-} (ação fertilizante). O restante, por permanecer com carga zero (CaSO_4) não se adsorve aos coloides do solo e, por isso, desce até as camadas subsuperficiais. As reações citadas são descritas na Figura 5 (RIBEIRO e SARAIVA, 2020).

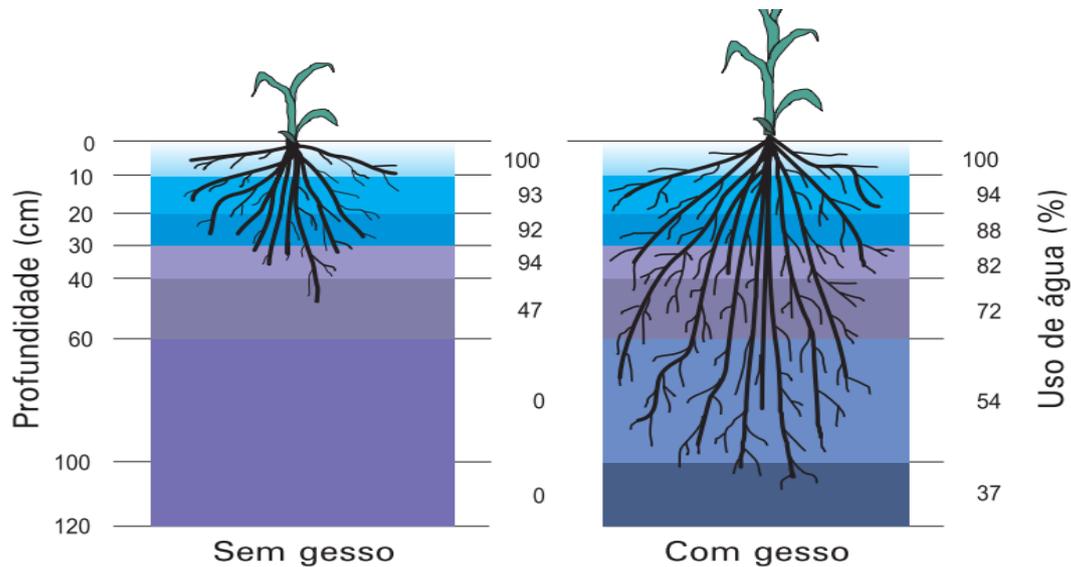
Figura 5: Reação do gesso no solo



Fonte: AGROMOVE, 2020

A partir destas reações, tem-se disponível na camada subsuperficial os íons Ca^{2+} e SO_4^{2-} , estes agirão com efeito condicionador. Esta ação inicia-se com a competição entre Ca^{2+} e Al^{3+} pelos mesmos sítios de adsorção nos coloides, no qual 3 íons de Ca deslocarão 2 íons de Al para a solução do solo. Já na solução, os íons de Al ficarão suscetíveis a reagir com os íons sulfatos liberados pelo gesso, formando assim, o composto AlSO_4^+ . Este íon não é tóxico às plantas e, por isso, não afetará o desenvolvimento das raízes (VITTI, 2016).

Disponibilizar cálcio e enxofre, neutralizar o alumínio tóxico em profundidade propiciando o aumento do sistema radicular em profundidade, com isso a planta tem uma maior absorção de água e nutrientes, segundo a figura 5 (AGRONELI SOLUÇÕES, 2020).

Figura 6: Antes e depois da Gessagem

Fonte: MAISSOJA, 2020

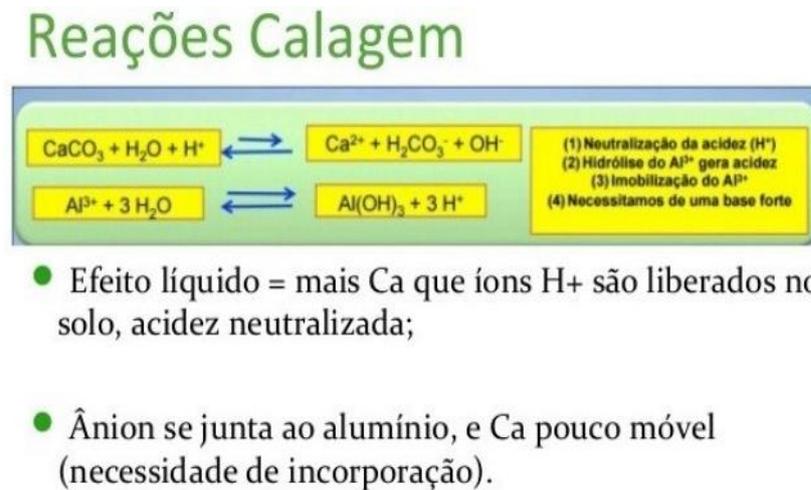
3.5. Calagem

A calagem é feita pela adição de calcário à terra em forma de rochas moídas que são uma mistura de dolomita e calcita, compostas de carbonatos de cálcio e de magnésio. (EQUIPE ATHENAS AGRÍCOLA, 2019).

Sua função corrigir a acidez do solo pelo aumento do pH, neutralizar o alumínio tóxico, aumentar teores de Ca e Mg, neutraliza o alumínio tóxico, corrigir a acidez do solo pelo aumento do pH. Portanto, isso faz com que aumente a disponibilidade de nutrientes na solução do solo, sua reação está contida na Figura 7 (AGRONELI SOLUÇÕES, 2020).

Cada cultura necessita de uma determinada porcentagem de saturação de bases para se desenvolver e produzir com qualidade. A essa porcentagem, damos o nome de V%, e ela vai medir quanto de íons de alumínio e hidrogênio estão presentes no solo, fazendo com que o solo fique ácido e as plantas possam apresentar fitotoxidez (HENRIQUE, 2020).

Quanto menor o V%, mais desses íons estarão presentes no solo e maior será a quantidade de calcário utilizada para neutralizá-los. (HENRIQUE, 2020).

Figura 7: Reação de Calagem

Fonte: MEDINA, 2020

Em geral, a calagem deve ser realizada três meses antes do plantio da cultura. O calcário deve ser distribuído a lanço e incorporado uniformemente ao solo, até a profundidade de 17 cm a 20 cm (GIRALDELI, 2018).

No cultivo convencional a aplicação é incorporada: aplicação do calcário seguida de operações de aração e gradagem e no sistema plantio direto, a correção da acidez do solo é feita por meio da aplicação de calcário na superfície sem incorporação (GIRALDELI, 2018).

Para isso, recomendo a utilização de um calcário mais finamente moído, facilitando a reação do calcário com o solo e, conseqüentemente, maior efeito da calagem (GIRALDELI, 2018).

3.6. Enxofre

O enxofre contido na atmosfera é uma das maiores fontes deste nutriente. No solo, o enxofre encontra-se na forma orgânica, que representa mais de 90% do total na maioria dos solos, e na forma inorgânica. O enxofre inorgânico é encontrado no solo em combinações de sais de sulfato, sulfetos e minério. Nas proximidades de vulcões, o enxofre é encontrado na sua forma original, razão pela qual há muitas unidades de exploração nestas regiões. também na forma orgânica (GIRRACA e NUNES, 2016).

O enxofre é o quarto nutriente mais usado pelas plantas, ficando atrás somente do nitrogênio, do fósforo e do potássio. Ele atua, entre outras coisas, na composição de dois importantes aminoácidos: cistina e metionina, que realizam a síntese de proteínas, ajudando na produção e enchimento de grãos, na produção de clorofila e na nodulação de leguminosas. Possui papel fundamental na síntese de carboidratos e o aumento na absorção de enxofre eleva

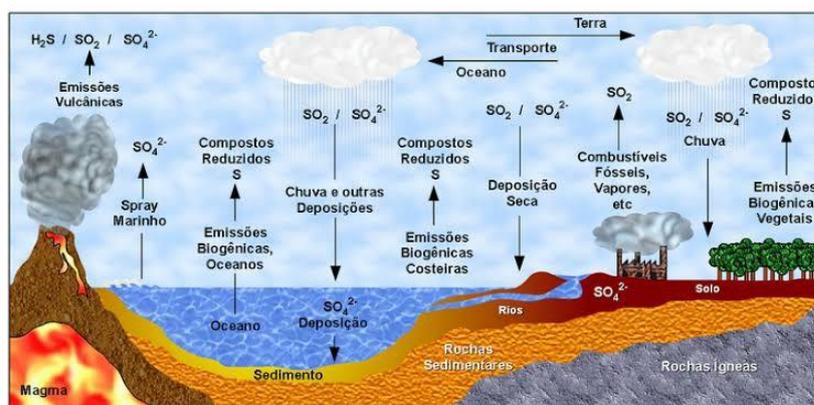
também a absorção de outros nutrientes pela planta, como: nitrogênio, fósforo e zinco, essenciais para seu desenvolvimento. Por ser tão importante para seus processos metabólicos e para a produção de proteínas, desde o desenvolvimento nos estágios iniciais de crescimento até o enchimento de grãos, é necessário que a planta tenha acesso a enxofre durante todo seu ciclo (ABREU, 2019).

O solo fornece enxofre para as plantas por meio de matéria orgânica que chega a representar 50% a 80% da quantidade necessária para atingir altas produtividades na maioria das culturas agrícolas. Portanto, quanto maior a concentração de matéria orgânica no solo, maior o fornecimento do nutriente. Para grandes produtividades, no entanto, é necessária a provisão de enxofre por meio de fertilizantes. Nestes produtos, o enxofre pode estar presente na forma de sulfato, elementar ou como combinação de ambos (ABREU, 2019).

As transformações do enxofre no solo são controladas por processos bióticos relacionadas aos processos de mineralização, imobilização, oxidação e assimilação pelas plantas (GIRRACA e NUNES, 2016).

O enxofre é absorvido pelas plantas na forma SO_4 , que é altamente sujeita às perdas por lixiviação. Os solos argilosos com altos teores de óxidos de ferro apresentam grande capacidade de adsorção de SO_4 , o que diminui a sua movimentação no perfil do solo. Já em solos arenosos a movimentação do SO_4 é maior e, com isso, pode ser perdido por percolação. Além disso, solos arenosos possuem baixos teores de matéria orgânica, conseqüentemente, menores reservas de S orgânico, podemos observar o ciclo do enxofre a partir da Figura 8 (GIRRACA e NUNES, 2016).

Figura 8: Ciclo do Enxofre



Fonte: YUGUE, 2019

O enxofre desempenha algumas funções essenciais para as plantas, como a formação dos aminoácidos (cisteína, cistina, metionina, taurina), estando, desta forma, presente em todas

as proteínas vegetais; e a participação nos processos metabólicos da fotossíntese, por estar em coenzimas como a ferredoxina e na fixação biológica do nitrogênio. Além das funções nutricionais, podemos citar também as fungistáticas, acaricidas e inseticidas do enxofre. Em virtude da escassez desse nutriente nos solos, alguns sintomas de deficiência estão presentes em áreas com agricultura intensiva. São eles: clorose, deficiência de coloração, folhas pequenas, enrolamento das margens das folhas, internódios curtos, redução de florescimento e menor nodulação em leguminosas. Essas manifestações levam, conseqüentemente, a possíveis quedas de produtividade (VIEIRA, 2021).

Para suprimento do enxofre, as principais fontes recomendadas são sulfato de amônio (24% de enxofre), gesso agrícola (13%) e superfosfato simples como fonte fosfatada (12%), todos de aplicação via solo. Porém, essas formas como são fornecidas na agricultura intensiva não têm sido suficientes para elevação dos níveis do elemento nos solos. A alternativa seria, portanto, a adubação foliar, insubstituível para corrigir e solucionar os problemas de deficiência nutricional incluindo o enxofre (VIEIRA, 2021).

3.7. Chuva Ácida

Chuva ácida é um fenômeno atmosférico que ocorre especialmente em países com elevado nível de industrialização. Consiste na precipitação com elevada acidez, ou seja, a chuva possui grande concentração de ácidos como o dióxido de enxofre. Esse fenômeno pode provocar graves problemas ambientais e provocar danos à saúde dos seres vivos. (SOUSA, 2021).

A chuva ácida é a precipitação com a presença de ácido sulfúrico, ácido nítrico e nitroso, resultantes de reações químicas que ocorrem na atmosfera. (MAGALHÃES, 2019).

Esse tipo de chuva altera o pH do solo e da água, com isso destrói a cobertura vegetal e mata os micro-organismos. Vale lembrar que o Município paulista de Cubatão, no auge da poluição, provocou uma intensa chuva ácida. Isso destruiu a vegetação que protegia a encosta da Serra do Mar, ocasionando erosões e desabamento. (CURADO, 2019).

A chuva, normalmente, possui um certo grau de acidez devido à presença de óxidos no ar. A acidez pode ser medida por meio de uma escala numérica conhecida como pH. Nessa escala, uma solução com pH 7 é considerada neutra. O pH considerado normal para uma chuva é em torno de 5,6. Sendo assim, quanto menor o pH mais ácida é a solução. Para ser considerada ácida, a chuva deve possuir pH abaixo de 5,5. (SOUSA, 2021).

O dióxido de carbono (CO₂) existente na atmosfera já torna a chuva levemente ácida, mesmo em condições naturais. O pH natural da água é 7 e quando em equilíbrio com o CO₂

atmosférico é 5,6, pouco ácido. Os óxidos de enxofre (SO₂ e SO₃) e de nitrogênio (N₂O, NO e NO₂) são os principais componentes da chuva ácida. Esses compostos são liberados na atmosfera através da queima de combustíveis fósseis. Ao reagirem com as gotas de água da atmosfera, formam o ácido sulfúrico (H₂SO₄) e o ácido nítrico (HNO₃). Juntos, esses dois ácidos provocam o aumento da acidez da água da chuva, assim como mostra a tabela 5 (MAGALHÃES, 2019).

Tabela 5: Reações de Formação do Ácido Sulfúrico, Nítrico e Nitroso

Ácido sulfúrico	Ácidos nítrico e nitroso
$\text{SO}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{SO}_3(\text{g})$	$\text{N}_2(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NO}_2(\text{g})$
$\text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$	$\text{NO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{HNO}_2(\text{aq}) + \text{HNO}_3(\text{aq})$

FONTE: CAIUSCA, 2019

A ocorrência de chuva ácida é considerada um grande problema, especialmente, ambiental, em diversas regiões do mundo. Desde o período da Revolução Industrial, com o aumento das indústrias e dos bens produzidos, aumentou também a poluição atmosférica, elevando a emissão de gases poluentes, favorecendo a incidência desse fenômeno (SOUSA, 2021).

Entre os impactos ambientais que a chuva ácida causa, temos:

- Morte de peixes em rios e lagos;
- Destruição de folhas e galhos de árvores;
- Alteração química do solo, pois cátions metálicos, como o Al³⁺, são liberados pela chuva ácida, o que provoca o envenenamento das plantações e a redução das colheitas;
- Contaminação de águas subterrâneas;
- Degradação de prédios, estruturas metálicas de casas, edifícios e pontes, bem como a corrosão de monumentos artísticos históricos feitos de calcário, cimento, mármore, metais e outros materiais;
- Surgimento de doenças respiratórias, prejudicando a saúde do ser humano e dos animais; (FOGAÇA, 2021).

O controle da chuva ácida pode ser feito com calagem (adição de cal), controle de emissão de gases do efeito estufa e intervenção política. Cada medida tem suas próprias vantagens e desvantagens. Mas é importante implementar medidas de redução de chuva ácida, uma vez que seus impactos podem ser irreversíveis (ECYCLE, 2017).

Com a perda de produção de biomassa, redução dos serviços ecossistêmicos e impactos em edifícios, lavouras e faunas aquáticas e terrestres, os prejuízos econômicos também são consideráveis (ECYCLE, 2017).

3.8. Correção de acidez do solo para plantas

A acidez é uma condição bioquímica resultante, principalmente, da ausência de quantidades adequadas dos elementos cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K). Com isso, na solução do solo, observa-se a presença de íons de hidrogênio (H), cuja quantidade caracteriza uma maior ou menor acidez (JACTO, 2020).

A quantidade de íons hidrogênio é avaliada pela medição de seu pH, o chamado potencial hidrogeniônico. Quanto mais baixo for o valor do pH do solo, maior a sua acidez. Ao contrário, quanto maior o pH, menos ácido é o terreno, estando a neutralidade no valor 7,0 (JACTO, 2020).

Para correção solo geralmente é recomendada por meio da gessagem e/ou calagem, a qual consiste em aplicar substâncias para aumentar o teor de cálcio e enxofre, a fim de haver mais interação e absorção de nutrientes (IBF, 2020).

A aplicação de gesso agrícola (sulfato de cálcio), conhecida como gessagem, tem como objetivo melhorar as características químicas nas camadas mais profundas do solo. O gesso possui uma grande solubilidade, até 100 vezes maior que a do calcário, por isso consegue migrar no perfil do solo de forma mais rápida. Apesar de não alterar o pH, é capaz de diminuir a fitotoxidez por alumínio em subsuperfície, pelo incremento nos teores de cálcio. Isso possibilita um maior crescimento radicular, logo, uma maior absorção de água e nutrientes pelas plantas (IRGEB, 2020).

A calagem ou correção da acidez do solo é responsável pela melhoria das condições químicas do solo, sendo importante para a disponibilidade do calcário no solo, fornecendo cálcio e magnésio para as plantas e neutralizar a acidez. Dessa forma, a correção da acidez é uma atividade fundamental para o sucesso das culturas, dominadas por solos de baixa fertilidade, elevada acidez e altos níveis de alumínio tóxico (MAIS SOJA, 2019).

Quando a acidez estiver elevada, afeta a disponibilidade dos nutrientes. Com exceção dos micronutrientes catiônicos (ferro, cobre, manganês e zinco), todos os demais nutrientes importantes para a planta têm sua disponibilidade reduzida em baixos pHs (MAIS SOJA, 2019).

Vale lembrar que ambos os processos de correção do solo, como a gessagem e a calagem, podem ser realizadas conjuntamente não interferindo entre si (IBF, 2020).

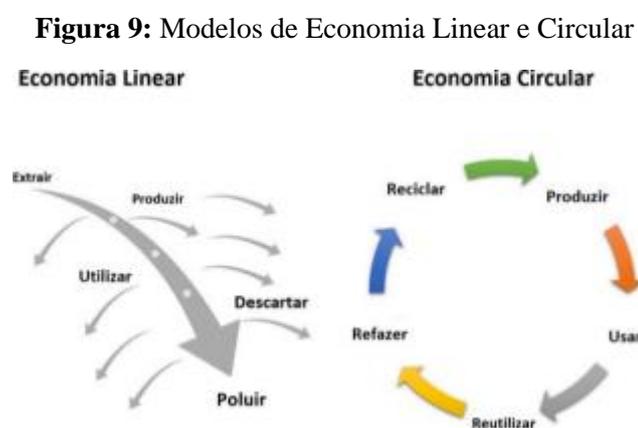
Grande parte das culturas agrícolas não se dá bem com solos muito ácidos, pois se desenvolveram em ambientes próximos à neutralidade ou apenas ligeiramente ácidos. Assim, diversas dificuldades encontradas pelas plantas e pelo cultivo de lavouras em regiões de acidez elevada são resolvidas com a correção. Na verdade, os benefícios desse trabalho não se limitam aos casos de acidez muito elevada, sendo importantes sempre que o pH estiver abaixo do melhor índice para a lavoura (JACTO, 2020).

O solo corrigido permite que as plantas cresçam mais rapidamente e sejam mais resistentes a pragas e doenças, principalmente no caso do mogno africano (IBF, 2020).

3.9. Economia Circular

Uma definição mais atual para a economia circular está sendo desenvolvida no âmbito da Organização Internacional de Normalização (ISO). Segundo a entidade, “é um sistema econômico que utiliza uma abordagem sistêmica para manter o fluxo circular dos recursos, por meio da adição, retenção e regeneração de seu valor, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.” (PORTAL DA INDÚSTRIA, 2021).

Atualmente, nosso sistema produtivo funciona de forma linear (como pode ser visto na Figura 9), o que não é sustentável devido à exploração excessiva de recursos naturais e ao grande acúmulo de resíduos. Nós exploramos a matéria-prima, produzimos bens e depois os descartamos. A obsolescência programada, técnica que consiste em produzir itens já estabelecendo o término da vida útil deles, gera resíduos que não recebem novos usos e se acumulam exponencialmente. Comparando com os países da América Latina, o Brasil é o campeão de geração de lixo, produzindo cerca de 541 mil toneladas por dia, segundo dados da Organização das Nações Unidas (ECYCLE, 2021).



Fonte: WETMAN, 2016

Para o desenvolvimento sustentável, deve-se controlar estoques finitos e equilibrar os recursos renováveis. Um primeiro passo é desmaterializar produtos e serviços (sistema que valoriza a função, a utilidade e nem tanto o produto em si). Além disso, há a necessidade de aprimorar a eficiência na criação de produtos e no reaproveitamento de resíduos sólidos (ECYCLE, 2021).

Dados da CNI de 2019 revelam que, no Brasil, 76% das empresas já desenvolvem alguma iniciativa de economia circular. Práticas como reúso de água, reciclagem de materiais e logística reversa são as principais implementações no país (PORTAL DA INDÚSTRIA, 2021).

“Estima-se que o resíduo do gesso represente em torno de 4% do volume do descarte da construção civil, que no Estado de São Paulo corresponde a mais de 50% de todo o resíduo sólido urbano gerado. O resíduo do gesso é constituído de sulfato de cálcio dihidratado. A facilidade de solubilização promove a sulfurização do solo e a contaminação do lençol freático” evidencia a engenheira civil Sayonara Maria de Moraes Pinheiro. (PORTAL RESÍDUOS SÓLIDOS, 2021).

Para tentar mudar este cenário e diminuir o impacto da logística da distribuição do produto, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) reclassificou o gesso e o inseriu na Classe B, ou seja, de resíduo reciclável – conforme a resolução nº 431, de 24 de maio de 2011 (PORTAL RESÍDUOS SÓLIDOS).

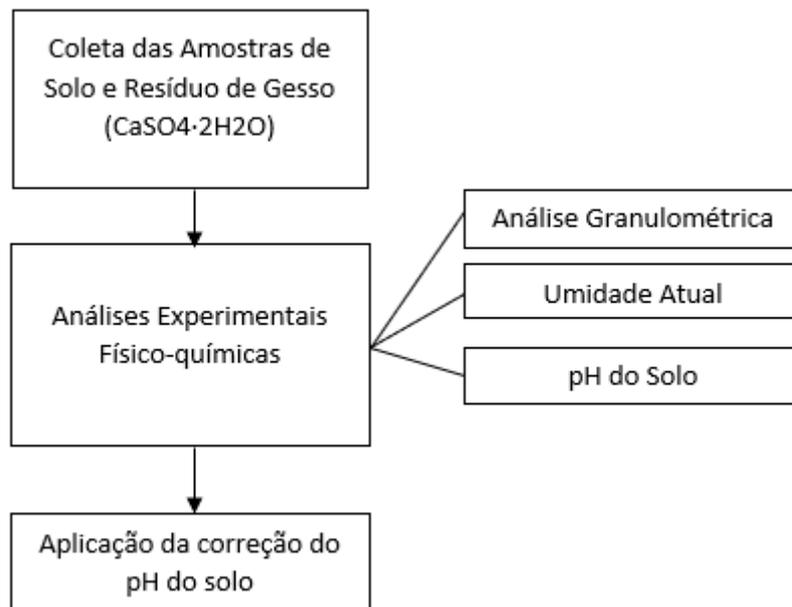
De acordo com a Fundação Ellen MacArthur, existem 3 princípios básicos que fundamentam os processos da economia circular:

- Princípio 1: Preservar e aumentar o capital natural, controlando estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis.
- Princípio 2: Otimizar a produção de recursos fazendo circular produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade o tempo todo, tanto no ciclo técnico quanto no biológico.
- Princípio 3: Fomentar a eficácia do sistema revelando as externalidades negativas e excluindo-as dos projetos. (POLEN, 2021)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades experimentais foram realizadas nos laboratórios de Química da Etec Trajano Camargo sob a supervisão da professora orientadora Dra. Gislaine Aparecida Barana Delbianco baseadas no trabalho de Manual de Métodos e Análise de Solos (EMBRAPA, 2017) de acordo com o fluxograma abaixo (Figura 10).

Figura 10: Atividades Experimentais



Fonte: Acervo pessoal, 2021

4.1. Coleta das Amostras de Solo e Resíduo de Gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Para as atividades experimentais foram recolhidas as amostras de solo de uma horta comunitária situada no do Jardim Olga Verôni onde seu trabalho é produzir vegetais para a população carente, neste local foram coletadas duas amostras (Figura 11). Dando continuidade e com o objetivo de observar a variação de pH do solo foram coletadas duas amostras da zona rural: 01 na Flora Raimundo (plantio de flores) e 01 Citro Peres (produção de citrus) com o intuito de corrigir a acidez do solo, evidencia-se na figura 12 a marcação de número 1 que representa a localização do Flora Raimundo e a marcação de número 2 do Citro Peres.

Figura 11: Horta comunitária



Fonte: Associação de moradores e amigos do Jardim Olga Verôni, 2021

Figura 12: Localização do Flora Raimundo (1) e Citro Perez (2)



Fonte: Google Maps, 2021

Coletou-se o resíduo sólido da construção civil, o gesso, na casa da integrante Amanda Santos Rocha e encaminhou-se para o laboratório físico-químico da Etec Trajano Camargo (Figura 13).

Figura 13: Local de retirarem do Resíduo de gesso



Fonte: Acervo pessoal, 2021

4.2. Análises Experimentais Físico-químicas

4.2.1. Análise Granulométrica

A análise granulométrica visa à quantificação da distribuição por tamanho das partículas individuais de minerais do solo. Entende-se por partículas individuais os grãos de minerais individualizados, fragmentos de rocha não alterada ou parcialmente alterada (podendo conter mais de um mineral), concreções, nódulos e materiais similares cimentados, conforme definidos pelo Vocabulário de Ciência do Solo (materiais que não podem ser desagregados senão por aplicação de elevada energia, como pancada com martelo). O procedimento operacional visa à ruptura dos agregados do solo e a individualização dessas partículas, por meio de uma combinação de energia mecânica e química, com a formação de uma suspensão estabilizada, e a quantificação após a separação das frações. (DONAGEMMA; VIANA; ALMEIDA; RUIZ; KLEIN; DECHEN; FERNANDES, 2017)

Pesou-se 50g de cada amostra do solo, e utilizou-se peneiras granulométricas de 25,5mm, 12,7mm e 0,42mm e peneirou-se cada amostra. Observou-se os solos retidos na primeira, segunda e terceira peneira e calculou-se a porcentagem de cada uma, em relação ao Manual de Solos (EMBRAPA, 2017).

4.2.2. Teste de Umidade

Os solos são constituídos por conjuntos de partículas que podem possuir diâmetro variáveis e conter água em seus espaços vazios. O conhecimento da umidade do solo é de fundamental importância, pois indica em que condições hídricas o solo se encontra. (RODRIGUES e ARAÚJO, 2016)

Pesou-se nessa análise 10g de solo úmido em pesa filtro e transferiu-se para a estufa a 80 graus. Retirou-se amostras após uma hora e colou-se no dessecador por 30 minutos e pesou-se, repetiu-se o procedimento mais duas vezes com a alteração de 30 minutos na estufa, até que os resultados da pesagem permanecessem constantes.

4.2.3. pH do Solo

O pH ou potencial hidrogeniônico é a medida do grau de acidez de uma solução e é definido pelo teor de íons hidrônio (H_3O^+) livres por unidade de volume. Quanto menor for o valor do pH, mais ácida será a solução, isso porque a escala de pH é logarítmica (figura 14) (FOGAÇA, 2021).

Figura 14: Escala de pH



Fonte: DAREZZO, 2017

Existem vários fatores que podem interferir no pH do solo, tais como sua composição (rochas), a região em que está localizado e a concentração de sais, metais, ácidos, bases e substâncias orgânicas que são adicionadas no seu preparo para o plantio (FOGAÇA, 2021).

Mas, na maioria das vezes, solos muito ácidos não são férteis porque a disponibilidade de nutrientes é muito pequena para as plantas (FOGAÇA, 2021).

Inicialmente, preparou-se 250mL de Solução salina, pesando 18,02g de cloreto de potássio (KCl) diluindo-o em uma pequena quantidade de água deionizada e transferindo-o para um Erlenmeyer em que se completou a quantidade de água até obtermos uma solução e 250mL.

Pesou-se 10 gramas de cada amostra de solo e colocou-se em 4 béquers distintos com

25mL de solução salina (cloreto de potássio - KCl) cada. Agitou-se com bastão de vidro individualmente por cerca de 60s e deixou-se em repouso por 1 hora. Ligou-se o pHmetro, para a calibração do mesmo durante o repouso das amostras.

Após o repouso, agitou-se ligeiramente cada amostra com bastão de vidro e mergulhou-se nos eletrodos do pHmetro e realizou-se a leitura do pH.

4.3. Aplicação da correção do pH do solo

Inicialmente, pesou-se aproximadamente 10g das amostras 3 e 4 colocando-as em 2 béquers distintos com 25mL de solução salina (cloreto de potássio - KCl) cada, além disso, pesou-se 1g de gesso e 1 grama da cal e adicionamos em cada becker. Agitou-se com bastão de vidro individualmente por cerca de 60s e deixou-se em repouso por 1 hora. Ligou-se o pHmetro, para a calibração do mesmo durante o repouso das amostras.

Realizou-se diversos testes alterando a quantidade de gesso e cal adicionadas as soluções, até obtermos o pH adequado.

5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

5.1. Coleta das Amostras de Solo e Resíduo de Gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Nas figuras 15 e 16, verifica-se que a produção das hortaliças está ocorrendo de forma satisfatória para a população. Entretanto ao realizarmos as análises físico-químicas verificamos que com a correção do solo a qualidade e o rendimentos das hortaliças poderiam ser ampliados.

Figura 15: Plantação de alface da horta comunitária



Fonte: Acervo pessoal, 2021

Figura 16: Plantação de couve da horta comunitária



Fonte: Acervo pessoal, 2021

5.2. Análises Experimentais Físico-químicas

5.2.1. Análise Granulométrica

No Laboratório de tecnologia da Etec Trajano Camargo, realizamos os ensaios de granulometria das amostras coletadas de acordo com o Manual de Métodos de análise de solo da EMBRAPA (2017). Utilizou-se três tipos de peneiras granulométricas (Figura 17) com os seguintes tamanhos de malhas: 25,5mm (peneira 1), 12,7mm (peneira 2) e 0,42mm (peneira 3) e obtivemos os resultados presentes na tabela 6.

Segundo o material, para se determinar uma granulometria deve-se comparar os resultados da quantidade total dos resíduos em relação a quantidade que fica retida em cada peneira, logo, realizamos esses cálculos e conseguimos determinar a porcentagem granulométrica de cada solo como mostra a tabela 7.

Figura 17: Peneiras Granulométricas

Fonte: Acervo pessoal, 2021

Tabela 6: Resultados em gramas da Análise Granulométrica

QUANTIDADES RETIDAS				
	Peneira 1	Peneira 2	Peneira 3	resto
solo 1	0g	0g	37,03g	12,89g
solo 2	0g	0g	28,92g	20,01g
solo 3	0g	0g	23,26g	25,40g
solo 4	0g	0g	36,76g	11,04g

Fonte: Acervo pessoal, 2021

Tabela 7: Cálculos de % granulométricas

QUANTIDADES RETIDAS EM %					
	Total	Peneira 1	Peneira 2	Peneira 3	resto
solo 1	50g	0%	0%	74,06%	25,78%
solo 2	50g	0%	0%	57,84%	40,02%
solo 3	50g	0%	0%	46,52%	50,80%
solo 4	50g	0%	0%	73,52%	22,08%

Fonte: Acervo pessoal, 2021

Em suma, observamos que nenhum dos solos caracterizam-se como matacões, pois não apresentam granulometria maior que 20cm, e calhaus por não apresentarem granulometria igual 20cm à 20mm. Dessa forma, concluímos que os solos 1 e 4 são caracterizados como cascalho pois em sua maioria apresenta-se granulometria entre 20mm à 2mm, enquanto sua minoria é representada por terra fina devido sua granulometria ser menor que 2mm.

Em relação ao solo 2, observa-se uma semelhança referente a porcentagem que difere as definições granulométricas, bem como o solo 3, que também possui porcentagens semelhantes. Ambos não podem ser classificados unicamente com uma só tipologia.

5.2.2. Teste de Umidade

Após a realização dos ensaios, baseadas na Apostila de Determinação de Umidade de Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina (2021) realizou-se os cálculos de umidade com base no material Composição Centesimal dos Alimentos, disponibilizado pela professora Margarete Galzerano Francescato em uma de suas aulas.

Segundo o material para se determinar a umidade de uma amostra, deve-se calcular conforme a seguinte fórmula:

$$umidade(\%) = \frac{P_c - P_e}{P_c} \times 100$$

Onde: P_c= Peso da amostra úmida

P_e= Peso da amostra seca

Dessa forma, de acordo com os resultados representados na tabela 8, visto que os obtivemos com os ensaios, verificamos que:

- Amostra 1: apresenta 20,8% de umidade / 10,05g de amostra; e 70,2% de sólidos totais / 10,05g de amostra.
- Amostra 2: apresenta 44% de umidade / 10g de amostra; e 56% de sólidos totais / 10g de amostra.
- Amostra 3: apresenta 80,3% de umidade / 10,02g de amostra; e 19,7% de sólidos totais / 10,02g de amostra.
- Amostra 4: apresenta 14,12% de umidade / 10,05g de amostra; e 85,88% de sólidos totais / 10,05g de amostra.

Tabela 8: Resultados da análise de umidade

		AMOSTRAS			
		1	2	3	4
REPETIÇÕES	AMOSTRA ÚMIDA	10,05g	10g	10,02g	10,05g
	1hr na estufa	8,84g	5,9g	2,1g	8,84g
	30min na estufa	8,71g	5,88g	2,08g	8,84g
	30min na estufa	7,95g	5,6g	1,57g	8,63g
% de umidade		20,80%	44%	80,30%	14,12%

Fonte: Acervo pessoal, 2021

5.2.3. pH do Solo

No Laboratório de tecnologia da Etec Trajano Camargo, realizamos a produção de uma solução salina de cloreto de potássio ($\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$) a fim de nos auxiliar na análise de determinação do pH (Figuras 18, 19)

Figura 18: Diluição Cloreto de Potássio (KCl)



Fonte: Acervo pessoal, 2021

Figura 19: Transferência e complementação da solução



Fonte: Acervo pessoal, 2021

Figura 20: Béqueres com 25mL de solução salina e 10g de cada amostra de solo



Fonte: Acervo pessoal, 2021

Desse modo, com base no material Manual de Métodos de Análise de Solo, o pH adequado para o plantio de hortaliças é entre 5,8 e 7,5. No decorrer da análise observamos que as amostras 1 e 2 estavam com o pH adequado para o plantio e os solos das amostras 3 e 4 estavam muito ácidos, conforme mostra a tabela 9, ou seja, as amostras que apresentam o pH ácido são aquelas que necessitam da correção com o resíduo de gesso e cal.

Tabela 9: Resultados da análise de pH

	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	AMOSTRA 4
pH	6,86	6,66	4,20	4,45

Fonte: Acervo pessoal, 2021

5.3. Aplicação da correção do pH do solo

Nessa etapa, realizamos 4 ensaios para cada amostra até obtermos a quantidade ideal de aditivos de gesso e cal para que o pH ficasse adequado para o plantio das hortaliças.

Dessa forma, de acordo com os resultados representados na tabela X, visto que os obtivemos com os ensaios, verificamos que:

- Ensaio 1: adicionou-se 1g de gesso e 1g da cal para 10g de amostra em solução salina e obteve-se para a amostra 3- pH= 10,71 (muito alcalino) e amostra 4- pH= 11,80 (muito alcalino);

- Ensaio 2: adicionou-se 0,5g de gesso e 0,5g da cal para 10g de amostra em solução aquosa (devido à falta de solução salina, substituiu-se por solução aquosa) e obteve-se para a amostra 3- pH= 9,71 (muito alcalino) e amostra 4- pH= 11,8 (muito alcalino);
- Ensaio 3: adicionou-se 0,15g de gesso e 0,15g da cal para 10g de amostra em solução aquosa (devido à falta de solução salina, substituiu-se por solução aquosa) e obteve-se para a amostra 3- pH= 9,04 (muito alcalino) e amostra 4- pH= 9,57 (muito alcalino);
- Ensaio 4: adicionou-se 0,15g de gesso para 10g de amostra em solução aquosa (devido à falta de solução salina, substituiu-se por solução aquosa) e obteve-se para a amostra 3- pH= 6,92 (ideal para o plantio) e amostra 4- pH= 6,90 (ideal para o plantio).

Em relação as análises, pudemos observar que ao adicionarmos a cal o pH se mantinha alcalino, sendo assim no ensaio 4 mantivemos somente o gesso e ao testarmos a quantidade, alcançamos a apuração da medida em gramas a ser utilizada para as 10g de amostra.

Em suma, com os ensaios pudemos perceber que para esses solos em específico a gessagem exerce o resultado esperado. Obtivemos a quantidade necessária de aditivos para cada 10g de amostras, e se necessário uma correção em maior escala, deve-se relacionar a quantidade desejada com o resultado obtido pela análise (0,15g de gesso para cada 10g de solo).

Figura 21: Medição de Solução Salina



Fonte: Acervo pessoal, 2021

Figura 22: Medição de pH



Fonte: Acervo pessoal, 2021

6. CONCLUSÃO

Os Resíduos Sólidos da Construção Civil são aqueles provenientes de construções, reformas, demolições, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, gesso, telhas, e entre outros. A problemática dos resíduos de construção civil sempre esteve presente no Brasil, devido à grande quantidade que é produzida e a sua destinação final. Os impactos negativos da construção civil abordam o consumo dos recursos naturais, modificação da paisagem, e geração de resíduos, comprometendo o equilíbrio do meio ambiente e princípios.

Nossa finalidade foi estudar as propriedades e características do gesso, as formas de reciclagem, e maneiras de aplicá-los na correção do solo para verificar a sua eficiência. A construção civil aparece como vilã nos impactos ambientais, pois grande parte dos resíduos sólidos provenientes dela não recebe a destinação correta, e acabam sendo dispostas clandestinamente em terrenos baldios, áreas de preservação, vias e logradouros públicos.

O gesso pode ser reutilizado no solo como um melhorador do ambiente radicular, em profundidade. Ele possibilita à planta uma melhor distribuição das raízes no solo, podendo aproveitar maior volume de água em épocas de estiagem, contribuindo assim para uma maior absorção de nutrientes pelas plantas.

Dessa forma ao estudarmos as propriedades e características do gesso, como ferramentas de pesquisa, coletamos amostras da cal e gesso dos resíduos sólidos de construção civil, estudamos reações de calagem e gessagem, utilizamos planos de análise para escolha de plantas e solos, além de realizarmos análises experimentais físico-químicas visando a compreensão sobre as condições que se encontram os solos.

Ao realizarmos as análises físico-químicas verificamos a baixa qualidade de alguns solos, mas realizamos a correção de acordo com os resultados que obtivemos com os ensaios. Dessa forma conseguimos adequar o solo para hortas comunitárias e pequenos agricultores, tornando-o ainda mais eficaz de forma sustentável, econômica e acessível à comunidade.

Fica-se de sugestão para trabalhos futuros elaborar alternativas de correção do solo utilizando outros resíduos da construção civil ou resíduos que ainda não possuem uma deposição sustentável.

REFERÊNCIAS

A. A. Barbosa; A. V. Ferraz; G. A. Santos. **Caracterização química, mecânica e morfológica do gesso β obtido do pólo do Araripe**. Universidade Federal do Vale do S. Francisco, 2012, Bahia, 501-508p.

ABREU, E. M. X. **Estudo da influência de diferentes gessos produzidos na região Nordeste do Brasil para a fabricação de moldes utilizados na indústria de louças sanitárias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro de Tecnologia e Geociência, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, 2005. 85 p.

ABREU, Silvano. **O enxofre como agente fertilizante na linha de plantio**. Disponível em: <https://www.nutricaoodesafras.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

AGRONELI SOLUÇÕES. **Gessagem e Calagem: O que você precisa saber**. Disponível em: <https://agronellisolucoes.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

ALVES, Daniela de Carvalho. **Reciclagem e reutilização do gesso descartado na construção civil**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Engenheiro Civil) – Curso de Engenharia Civil da Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade São Francisco.

ÂNGULO, S.C.; ZORDAN, S.E.; JOHN, V.M. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil ângulo**. São Paulo, 2001.

ARRUDA, Guilherme. **Como classificar resíduos sólidos segundo a legislação vigente?** Disponível em: <https://www.vgresiduos.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

ARRUDA, Guilherme. **O que é considerado entulho e como descartar corretamente?** Disponível em: <https://www.vgresiduos.com.br>. Acesso em: fev. 2021;

ARRUDA, Guilherme. **Resíduos da Construção Civil: construindo valores de sustentabilidade**. Disponível em: <https://www.vgresiduos.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

BALTAR, Carlos Adolpho Magalhães; BASTOS, Flavia de Freitas; LUZ, Adão Benvindo da. Gipsita. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/>. Acesso em: set. 2021;

BRASIL. Ministério do meio ambiente. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 - **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2010;

BRK AMBIENTAL. **Resíduos da construção civil: um panorama sobre o descarte no Brasil**. Disponível em: <https://blog.brkambiental.com.br>. Acesso em: mai. 2021;

CALHEIROS, Jonathas Souteban; GONZAGA, Giordano Bruno Medeiros; SANTOS, William Carvalho Aquino dos; SILVA, Givanildo Santo da; SILVA, Márcio Martins da; SILVA, Rony Halysson Rocha e; TENÓRIO, Jamilly Souza. **Gerenciamento dos resíduos do gesso da construção civil: uma análise sobre a cidade de Maceió**. Ciências exatas e tecnológicas. v. 4, n. 1, p. 137-146. Maceió, 2017;

CARDOSO, Luiza Moura. **Tudo sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Disponível em: <https://www.sienge.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

CATALISA. **A sustentabilidade na construção civil: PGRCC**. Disponível em: <https://www.catalisajr.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

CAVALCANTE, Jesemiel Pinheiro; CARVALHO, Eliedison Rafael de; MATTIAS, Lucas Willian Aguiar. **Gesso reciclado: análise da viabilidade de sua aplicação em painéis de revestimento decorativo 3D**. Disponível em: <https://www.confea.org.br>. Acesso em: mar. 2021;

CENAGRI. **Calagem X Gessagem**. Disponível em: <https://www.cenagrijr.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

CRANGLE. Robert D. Crangle. **Minerals Yearbook: Gypsum**. USGS Science for a changing world, Washington. 2017, 12p.

CURADO, Adriano. **O que é a chuva ácida?** Disponível em: <https://conhecimentocientifico.r7>. Acesso em: mar. 2021;

DELBIANCO, Laís Barana. **Avaliação e técnica de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil da região administrativa de Campinas/SP**. Unicamp. Limeira, 2018. 119p; DRYWALL. **Resíduos de gesso na construção civil coleta, armazenagem e destinação para reciclagem**. Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall. 2009.

DONAGEMMA, Guilherme Kangussu; VIANA, João Herbert Moreira; ALMEIDA, Brivaldo Gomes de; RUIZ, Hugo Alberto; Klein, Vilson Antônio; DECHEN, Sonia Carmela Falci; FERNANDES, Raphael Bragança Alves. **Manual de Métodos de Análise de Solo**, 3ª edição revista e ampliada, EMBAPRA 2017.

ECYCLE. **O que é chuva ácida é suas consequências**. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

ECYCLE. **O que é Economia Circular e quais seus princípios**. Disponível em: <https://www.google.com.br>. Acesso em: set. 2021;

EQUIPE ATHENAS AGRÍCOLA. **Você sabe qual a diferença entre calagem e gessagem?**. Disponível em: <https://athenasagricola.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

F. M. C. Oliveira; L. E. P. Borges; E. B. Melo; M. L. S. C. Barros. **Características mineralógicas e cristalográficas da gipsita do Araripe**. Holos, Ano 28, v. 5, Pernambuco, 2012.

FIEP. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: www.fiepr.org.br. Acesso em: mar. 2021;

FILHO, Josias Inojosa. **O mercado de gesso**. Disponível em: <http://www.revistanegociospe.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

FOGAÇA, Jennifer. **Chuva Ácida**. Disponível em: <https://www.google.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **pH do Solo**. Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/>. Acesso em: nov. 2021;

FREITAS, Isabela Maurício. **Os resíduos de construção civil no município de Araraquara/SP**. Disponível em: <https://m.uniara.com.br/arquivos>. Acesso em: fev. 2021;

G1. GLOBO. **Descarte de entulho é feito de forma incorreta em 80% dos municípios**. Disponível em: <https://www.g1.globo.com>. Acesso em: fev. 2021;

GIRALDELI, Ana Lígia. **Tudo que você precisa saber sobre calagem**. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

GONÇALO, Jacqueline. **Resíduos Sólidos de Construção Civil: como deve ser feito o descarte**. Disponível em: <https://www.lopes.com.br>. Acesso em: fev. 2021;

HENRIQUE, Francisco. **O que você precisa saber sobre gessagem e calagem**. Disponível em: <https://amazonfertilizantes.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

IBF. **A importância da correção do solo**. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br>. Acesso em: set. 2021;

IRGEB. **O que é a gessagem? Qual a diferença entre a gessagem e a calagem?**. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/irgeb>. Acesso em: set. 2021;

JACTO. **Acidez no solo: aprenda a controlar esse fator corretamente**. Disponível em: <https://blog.jacto.com.br>. Acesso em: set. 2021;

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **Gesso de construção civil**. Materiais de construção civil. São Paulo: Ibracon, 2007. p. 727-760.

L. L. Brasileiro; J. M. E. Matos. **Reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. Departamento de Química Limav. Universidade Federal do Piauí. Piauí, 2015. 178-189p;

LIBRELOTTO, Lisiane Ilha; FERROLI, Paulo César Machado. **Gesso**. Disponível em: <https://materioteca.paginas.ufsc.br/>. Acesso em: mar. 2021;

LIMEIRA (Município). **Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC) do Município de Limeira (SP)**. Prefeitura de Limeira, 2015.

MAGALHÃES, Lana. **Chuva Ácida**. Disponível em: <https://todamateria.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

MAIS SOJA. **A importância da correção da acidez para a melhoria da disponibilidade de nutrientes no solo**. Disponível em: <https://maissoja.com.br>. Acesso em: set. 2021;

MAIS SOJA. **Uso do gesso agrícola.** Disponível em: <https://maissoja.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

MEDINA, Juliana. **Calagem: Conheça 5 benefícios dessa aplicação.** Disponível em: Acesso em: mar. 2021;

MEU RESÍDUO. **A Classificação de resíduos sólidos segundo a ABNT NBR 10004/2004.** Disponível em: <http://www.meuresiduo.com>; Acesso em: mar. 2021;

OLIVEIRA, Arthemis. **Gipsita: O que é?** Disponível em: <https://lampejocientifico.com.br>. Acesso em: Set. 2021;

PEREIRA, Caio. **Tipos de Resíduos da Construção Civil.** Escola Engenharia. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

PERES, Luciano; FILHO, Josias Inojosa de Olivera; ALENCAR, Hildeberto. **Pólo Gesseiro do Araripe: Potencialidades, Problemas e Soluções.** SIDUSGESSO, 2012, 38p.

PINHEIRO, Sayonara Maria de Moraes. **Gesso Reciclado: Avaliação de propriedades para uso em componentes.** Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2011. 330 p.

PINTO, Willian Leandro Henrique. **Proposta de indicadores de sustentabilidade: contribuição para a gestão municipal de resíduos sólidos em Limeira/SP.** Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas 2017. 111 p.

POLEN. **Economia Circular: o que é e quais seus benefícios.** Disponível em:

<https://www.creditodelogisticareversa.com.br>. Acesso em: set. 2021;

PORTAL DA INDÚSTRIA. **Economia Circular: entenda o que é, suas características e benefícios.** Disponível em: [http://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a z/economia-circular/](http://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/economia-circular/). Acesso em: set. 2021;

PORTAL RESÍDUOS SÓLIDOS. **Reciclagem de Gesso.** Disponível em:

<https://portalresiduossolidos.com>. Acesso em: set. 2021;

QUEIROZ FILHO, A.A; AMORIM NETO, A.A.; DANTAS, J.O.C. **Sumário Mineral 2015: Gipsita.** Brasília. 2015.

REVISTAB ADNORMAS. **A conformidade do gesso para a construção civil.** Disponível em: Acesso em: <https://revistaadnormas.com.br>. mar. 2021;

RIBEIRO, Aline Lessa Ferreira. **Impactos ambientais e econômicos dos agregados naturais e reciclados na construção civil.** Disponível em: <https://www.minerallis.cetem.org.br>. Acesso em: mar. 2021;

RIBEIRO, Giulia; SARAIVA, José Ricardo. **Como o gesso atua no solo?** Disponível em: <https://blog.agromove.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

RODRIGUES, Ana Carolina. **O Brasil perde três bilhões de reais ao ano por não reciclar resíduos.** Disponível em: <https://www.osul.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

RODRIGUES, Meire Galdino Alves ; ARAUJO, Glaucio Luciano. **DETERMINAÇÃO DA UMIDADE DO SOLO POR MEIO DO FORNO MICROONDAS**. Disponível em: <http://pensaracademico.facig.edu.br>. Acesso em: nov. 2021;

ROSADO, Laís Peixoto. **Avaliação do Ciclo de Vida de Alternativas para o Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil do Município de Limeira/SP, Brasil**. Unicamp, Limeira, 2015, 386p.

SABBATINI, Juliana. **Brasil perde R\$ 120 bilhões por ano ao não reciclar resíduos**. Disponível em: <https://www.saneamentobasico.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

SANTOS, John. **Determinação da Umidade do Solo**. UDESC - UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA. 2021;

SANTOS, Roberto Batista. **Projeto gipsita no sudoeste da bacia sedimentar do Araripe**. Serviço Geológico do Brasil - CPRM. Recife, 2019. 73p.

SILVA, Rodrigo Cordeiro da; Norato, Krystal de Alcantara. **RCC – Resíduos Da Construção Civil: Caracterização de sua Gestão Integrada**. Disponível em: <http://amigosdanatureza.org.br>. Acesso em: mai. 2021;

SOUSA, Rafaela. **Chuva ácida**. Disponível em: <https://www.brasilecola.uol.com.br>. Acesso em: Mar. 2021;

SYNDICAT NATIONAL DES INDUSTRIES DU PLATRE – SNIP (França). **O gesso: físico-químico, fabricação e sua utilização**. Tradução de Paulo Mariano Lopes. 2002.

THOMÉ, Brenda Bressan. **Como classificar e reaproveitar os resíduos da construção civil?**. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/>. Acesso em: mai. 2021;

VIEIRA, José Geraldo Zapparoli. **Adubação foliar de enxofre: uma aliada para o agricultor**. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br>. Acesso em: mar. 2021;

VITTI, Godofredo César. **Correção do solo**. USP.2016, 59p.