



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR LAVRA EM PEDREIRAS

AUGUSTO DO CARMO SOUSA DAVIN

OURO PRETO - MG
Dezembro de 2019

AUGUSTO DO CARMO SOUSA DAVIN

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR LAVRA EM PEDREIRAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas. **Área de concentração:** Fechamento de Mina.

Orientador: Prof. Dr. ELTON DESTRO
(DEMIN/EM/UFOP)

OURO PRETO - MG

Dezembro de 2019

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

D259r Davin, Augusto do Carmo Sousa .
Recuperação de áreas degradadas por lavra em pedreiras. [manuscrito] /
Augusto do Carmo Sousa Davin. - 2019.
58 f.; il.: color., gráf., tab., mapa.

Orientador: Prof. Dr. Elton Destro.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de
Minas.

1. Minas e mineração. 2. Pedreiras. 3. Fechamento de minas. 5. Impacto
ambiental. I. Destro, Elton. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 622.85

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 09 dias do mês de dezembro de 2019, às 14h00min, no auditório do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas DEMIN/EM, no Campus Universitário Morro do Cruzeiro, foi realizada a defesa da Monografia de Conclusão de Curso de Engenharia de Minas requisito da disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II, intitulado **“RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR LAVRA EM PEDREIRAS”**, pelo aluno **Augusto do Carmo Sousa Davin**, sendo a comissão avaliadora formada por **Prof. Dr. Elton Destro (orientador)**, **Prof. M. Sc. José Fernando Miranda** e **Eng.ª de Minas Paólla de Carvalho Barbosa**.

Após arguição sobre o trabalho, a comissão avaliadora deliberou pela **aprovação** do candidato, com a nota **9,0**, concedendo-lhe o prazo de 15 dias para incorporar no texto final da monografia as alterações determinadas/sugeridas pela banca.

O aluno fará jus aos créditos e conceito de aprovação na disciplina MIN-491 – Trabalho de Conclusão de Curso II após o depósito, no site do Repositório UFOP, da versão final da monografia defendida, conforme modelo do CEMIN-2009, no Colegiado do Curso de Engenharia de Minas – CEMIN.

Para fins de registro, foi lavrada a presente ata que, depois de lida e aprovada é assinada pelos membros da comissão avaliadora e pelo discente.

Elton Destro

Ouro Preto, 09 de dezembro de 2019.

Prof. Dr. Elton Destro
 Presidente da Comissão Avaliadora e Orientador

José Fernando Miranda
 Prof. M. Sc. José Fernando Miranda
 Membro da Comissão Avaliadora

Paólla de Carvalho Barbosa
 Eng.ª de Minas Paólla de Carvalho Barbosa
 Membro da Comissão Avaliadora

Augusto do Carmo Sousa Davin
 Augusto do Carmo Sousa Davin

José Fernando Miranda
 Prof. M.Sc. José Fernando Miranda
 Professor responsável pela Disciplina Min 492 – Trabalho de Conclusão de Curso

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais Jesu Davin e Isabel de Sousa Davin, bem como minha avó Maria Benedita Davin, por me darem toda base e força que precisei nessa minha jornada. Não poderia deixar de agradecer também meus familiares e amigos sempre presentes.

Ao professor Elton Destro, pelos ensinamentos, por sua paciência e disponibilidade para me orientar nesse trabalho.

Aos professores José Fernando Miranda, Adilson Curi e Hernani Mota de Lima por todo apoio e material fornecido.

Agradeço a Universidade Federal de Ouro Preto, Fundação Gorceix, DEMIN e aos professores e colegas que contribuíram para a minha formação profissional e pessoal.

A mineração é considerada indispensável para a economia e desenvolvimento de um país, uma vez que fornece matérias-primas para os setores da agricultura, metalurgia, construção civil dentre outros. Nesse contexto, se encontra a lavra em pedreiras. Normalmente, uma mina atinge o ponto de desativação (ou fechamento) quando já foi extraído todo o bem mineral ou quando a sua lavra deixa de ser economicamente viável. Logo, é preciso mitigar os danos ambientais causados por essa atividade, bem como analisar possíveis alternativas para a recuperação da área mesmo antes do fechamento da mina. Esse estudo teve como base uma revisão bibliográfica sobre casos de sucesso e buscou investigar/simular um cenário hipotético que favoreça a recuperação paisagística e a vegetação utilizando softwares gráficos. Foi possível constatar que diversas técnicas podem ser usadas. A simulação paisagística é uma excelente ferramenta, uma vez que facilita, sobretudo, a visualização e projeção da proposta de recuperação. Contudo, é necessário um correto planejamento antes do início da extração. Por fim, e não menos importante, destaca-se que a recuperação da área deve levar em consideração a legislação que rege a atividade minerária em todas as suas fases. De modo geral, a recuperação de uma área afetada pela atividade mineral, no contexto de pedreira, ao mesmo tempo em que contribui para a reintegração da paisagem e consequente permanência de espécies neste habitat, promove a melhoria no ambiente degradado.

Palavras-chave: mineração, pedreira, fechamento de mina, simulação paisagística, recuperação ambiental

Mining is considered indispensable for the economy and development of a country, due to the fact that it provides raw materials for the agriculture, metallurgy, construction and other sectors. In this context, quarrying is found. Normally, a mine reaches the point of decommissioning (closure) when all the mineral good has been extracted or when its mining is no longer economically viable. Thus it is necessary to mitigate the environmental damage caused by this activity, as well as to analyze possible alternatives for the recovery of the area even before the mine closure. This study was based on a literature review of cases of success and aimed to investigate/simulate scenarios that favor landscape and vegetation recovery using graphics softwares. It could be seen that several techniques can be used. Landscape simulation is an excellent tool as it facilitates, above all, the visualization and projection of the recovery proposal. However to use any of them proper planning is required even before the extraction begins. In addition, it is important to point out that the recovery of the area must take into account the legislation governing mining activity at all stages. In general, the recovery of an affected area by mineral activity in the quarry context, while contributing to the reintegration of the landscape and consequent permanence of species in the habitat, promotes improvement in the degraded environment.

Keywords: mining, quarry, mine closure, landscape simulation, environmental recovery

RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 GERAL.....	14
2.2 ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 LAVRA DE PEDREIRAS NO BRASIL	15
3.2 IMPACTOS AMBIENTAIS PRODUZIDOS PELAS PEDREIRAS	16
3.2.1 Impacto sobre o solo	18
3.2.2 Impacto nos recursos hídricos	18
3.2.3 Impacto pela poluição do ar.....	18
3.2.4 Impacto relativo ao ruído.....	18
3.2.5 Impacto relativo às vibrações	19
3.2.6 Impacto à biodiversidade	19
3.2.7 Impacto no patrimônio arqueológico.....	19
3.2.8 Impacto visual - paisagem.....	19
3.3 LEGISLAÇÃO APLICADA	21
3.4 EXEMPLOS DA LITERATURA	24
3.4.1 Projeto Éden.....	24
3.4.2 Estádio Municipal de Braga.....	26
3.4.3 Ópera de Dalhalla	26
3.4.4 Parque das Mangabeiras.....	28
3.4.5 Pedreira Adventure Park.....	29
3.4.6 Parque das Pedreiras.....	31
4 METODOLOGIA	32
4.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	32
4.1.1 AutoCAD	33
4.1.2 SketchUp.....	33
4.2 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DEGRADADA.....	34
4.2.1 Mapeamento	34
4.2.2 Investigação geológica e geotécnica.....	34

4.2.3	Investigação meteorológica e climatológica.....	34
4.2.4	Condição hidrológica.....	34
4.2.5	Condição topográfica.....	34
4.2.6	Condição do solo.....	35
4.2.7	Condição da vegetação.....	35
4.3	PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS.....	35
4.3.1	Configuração final da área a ser recuperada.....	36
4.3.2	Reconstrução de taludes finais.....	40
4.3.3	Drenagem da água.....	41
4.3.4	Conscientização ambiental.....	41
5	ESTUDO DE CASO.....	43
5.1	LOCALIZAÇÃO.....	43
5.2	CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA.....	44
5.3	SIMULAÇÃO DA ÁREA.....	45
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
6.1	MEDIDAS MITIGATÓRIAS E COMPENSATÓRIAS.....	48
	Cobertura Vegetal.....	48
6.2	SIMULAÇÃO PAISAGÍSTICA.....	49
6.2.1	Simulação Paisagística com AutoCAD.....	50
6.2.2	Simulação Paisagística com SketchUp.....	51
7	CONCLUSÕES.....	55
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Números do setor mineral brasileiro.	15
Figura 2 - Participação de cada grupo das substâncias minerais nas exportações do setor mineral de Minas Gerais, em 2017	16
Figura 3 - Impactos ambientais na mineração	17
Figura 4 - Relação entre a localização das pedreiras (cava ou encosta), observador e impacto observador e impacto visual.....	20
Figura 5 - Etapas e documentação necessária para o Licenciamento Ambiental de uma Pedreira.....	22
Figura 6 - Organograma do Plano de Controle Ambiental - PCA.....	23
Figura 7 - Exemplos selecionados da literatura para mostrar propostas de recuperação ambiental de áreas atingidas pela atividade mineradora.....	24
Figura 8 - Projeto jardim do Eden - Inglaterra.....	25
Figura 9 - Estádio de Braga concebido pelo arquiteto Eduardo Souto Moura	26
Figura 10 - Ópera de Dalhalla, na Suécia	27
Figura 11 - Parque das Mangabeiras, Belo Horizonte - MG..	28
Figura 12 - Parque das Mangabeiras, proximidade com Mina de Águas Claras (atual, Vale) Belo Horizonte - MG	29
Figura 13 - Britamar e Pedreira Adventures Park, Guarapari - ES.....	30
Figura 14 - Pedreira Adventure Park, Guarapari - ES	30
Figura 15 - Ópera de Arame, Parque das Pedreiras, Curitiba - PR.....	31
Figura 16 - Fluxograma esquemático dos pontos principais de estudo de uma região atingida pela lavra de pedreiras.	32
Figura 17 - (a) Área sem vegetação sendo a pedreira exposta e (b) com aproveitamento da vegetação para ocultar área em atividade.	36
Figura 18 - (a) Localização de área com possível exploração de pedreira com presença de observador à esquerda; (b) projeto incorreto a ser extraído material; (c) projeto correto a ser extraído material.	37
Figura 19 - (a) Localização de área com possível exploração de pedreira com grande dimensão, necessidade de estabilização com taludes e presença de observador à direita; (b) projeto incorreto a ser extraído material; (c) e (d) projeto correto a ser extraído material.....	37
Figura 20 - (a) Posições sucessivas da frente de lavra visíveis a observadores na estrada; (b) e (C) projeto inicial e final de orientação da recuperação com plantio de vegetação posicionada paralelamente ou verticalmente a direção da estrada.....	38
Figura 21 - (a) Orientação de uma frente de trabalho perpendicular ao eixo de visão de um observador situado em posição dominante. (b) Orientação de uma frente de trabalho perpendicular ao eixo de visão de um observador situado em posição dominante.....	39
Figura 22 - Tipos de preenchimento dos vazios resultantes da exploração de pedreiras.....	39

Figura 23 - (a) Taludes finais e (b) projeto de revegetação na cobertura de solo preenchida e herbáceas nas bancadas	40
Figura 24 - Mapa de localização da região hipotética de estudo do presente trabalho	43
Figura 25 - Mapa geológico simplificado do Cinturão Mineiro, porção sul do Quadrilátero Ferrífero. Notar os municípios de Resende Costa e Lagoa Dourada. Reproduzido de Alkmim e Teixeira (2017). Destaque entre os granitoides Paleoproterozoicos para a Suíte Alto Maranhão (AM), o Batólito Ritópolis (RB), a Suíte Resende Costa (RC) e a Suíte Lagoa Dourada (LD). O símbolo da estrela denota o local hipotético da pedreira estudada nesse trabalho.	44
Figura 26 - Simulação gráfica da área hipotética de estudo do presente trabalho	46
Figura 27 - Impactos visuais em função da posição, forma, localização e tipo de recuperação das encostas. 1-encostas sem recuperação; 2 - encostas com cortina arbórea; 3-encostas com herbáceas e arbustos; 4-encostas com herbáceas, arbustos e árvores.....	49
Figura 28 - Simulação de cava com uma cortina de vegetação para amenizar o impacto ambiental do observador na estrada com utilização do AutoCAD.	50
Figura 29 - Simulação de cava com uma cortina de vegetação para amenizar o impacto ambiental do observador na estrada com utilização do SketchUp.....	51
Figura 30 - Simulação de cidade com presença de cava na vizinhança com visão panorâmica.....	52
Figura 31 - Simulação de cidade com presença de cava na vizinhança com ângulos de visadas simulando um observador em um prédio e também na estrada a caminho da cidade.	53
Figura 32 - Representação gráfica final da recuperação da área hipotética de estudo do presente trabalho.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Opções de tratamento de taludes em cavas de mina a céu aberto.....	42
Tabela 2 - Princípios e objetivos da recuperação.....	49

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O uso de recursos minerais tem uma importância inquestionável na economia, já que a grande maioria dos bens de consumo, materiais de construção e tecnologias, depende da indústria extrativa. A extração mineral tem características distintas das outras atividades econômicas, como a rigidez locacional, a singularidade das jazidas, a questão de serem recursos não renováveis e pela exploração, na maioria das vezes, implicar na modificação da paisagem local.

Provocadas pela extração mineral, as alterações no meio ambiente são inegáveis e necessárias para o desenvolvimento da atividade mineradora. No entanto, atualmente, o desenvolvimento da mineração em concordância com a recuperação ambiental é possível e pode ser uma realidade se for feita em conjunto com um planejamento adequado da própria exploração.

No caso da lavra de pedreiras, essas atividades causam alterações ambientais tais como alteração da paisagem, alteração do meio atmosférico (aumento da quantidade de poeira em suspensão no ar), alteração dos recursos hídricos (assoreamento dos cursos d'água), alteração dos processos geológicos (erosão, voçorocas, hidrogeologia), alteração de feições geomorfológicas e das encostas (instabilidade de taludes), e alteração de fauna e flora (BACCI *et al.*, 2006).

Propostas de recuperação ambiental e paisagística, em sua implementação, devem considerar características tais como, localização geográfica, área de ocupação, acessibilidade, estabilidade de taludes, vegetação arbustiva, elementos de interesse histórico-cultural, entre outras. Cada um destes elementos deve ser avaliado, observando os possíveis impactos inventariados e, por fim, soluções devem ser apresentadas para a recuperação dessas áreas (VICENTE, 2016).

A não obediência das leis que regem o setor minerário pode resultar em prejuízos ambientais irreparáveis. Dessa forma, os empreendimentos minerários precisam estar de acordo com as leis federais, estaduais e municipais. De acordo com a Constituição Federal, implementada em 1988, segundo os artigos 20 e 21, os recursos minerais são bens da União e assegura ao Distrito Federal, aos Estados e aos Municípios, a participação nos resultados da exploração de tais recursos. Da mesma forma, os artigos 22, 23 e 24 regulam que compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar corretamente sobre a defesa do solo e dos recursos minerais, proteção do meio ambiente e controle da poluição. Nesse sentido, os estados tem a tarefa de regulamentar, acompanhar e fiscalizar a pesquisa e a lavra dos recursos minerais em seu território. No âmbito ambiental, o Art. 225, § 2º, diz que “Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei”.

Conforme Mota (1999) observa-se que no Brasil existe um entendimento bastante generalizado de que recuperar uma área significa encontrar outro uso produtivo para ela, que pode ser igual ou diferente do uso anterior à mineração, devendo apresentar um equilíbrio dinâmico com a vizinhança. Enfatiza-se que este equilíbrio é geralmente interpretado com base em três critérios: físico, químico e biológico, sendo que este último se aplica mais as áreas rurais ou florestais e que no contexto urbano prevalecem os dois primeiros.

Encerrada a exploração, as atividades produtivas cessam, dando início ao conjunto de etapas para desativação, reabilitação e abandono. Dessa forma, o plano de encerramento deve compreender as estratégias ambientais e de segurança a serem aplicadas em cada um dos elementos presentes na pedreira, como as frentes de lavra, solos e materiais de cobertura, instalação de tratamento/britagem, edifícios e outras infraestruturas, maquinário, equipamentos, aterros, resíduos, águas superficiais e/ou subterrâneas contaminadas (FIÚZA, 2009).

A construção de simulações paisagísticas, com o apoio de técnicas de captura, tratamento e representação de dados digitais sobre o ambiente, é de grande importância, uma vez que pode auxiliar no esboço da restauração natural do local. É de fundamental relevância a questão da tentativa de guiar o olhar do usuário, do ponto de vista de posicionamento no território e de elaboração de produtos de forte apelo de comunicação gráfica.

O procedimento de simulação facilita, sobretudo, a visualização e projeção da proposta de recuperação. Para o caso de simulação de paisagens afetadas por lavra em pedreira, pode-se fazer uso de recursos gráficos 3D com modelagem de elevação, sendo explorada a composição de texturas, contrastes de cor, dentre outros. Isso para que o usuário possa se sentir imerso no ambiente representado através de uma simulação mais próxima de seus mapas mentais sobre o território.

2.1 GERAL

Verificar técnicas para mitigar os efeitos da lavra em pedreiras, principalmente no contexto paisagístico da região, favorecendo a possível reutilização futura da área e reduzindo o impacto visual decorrente dessa atividade.

2.2 ESPECÍFICOS

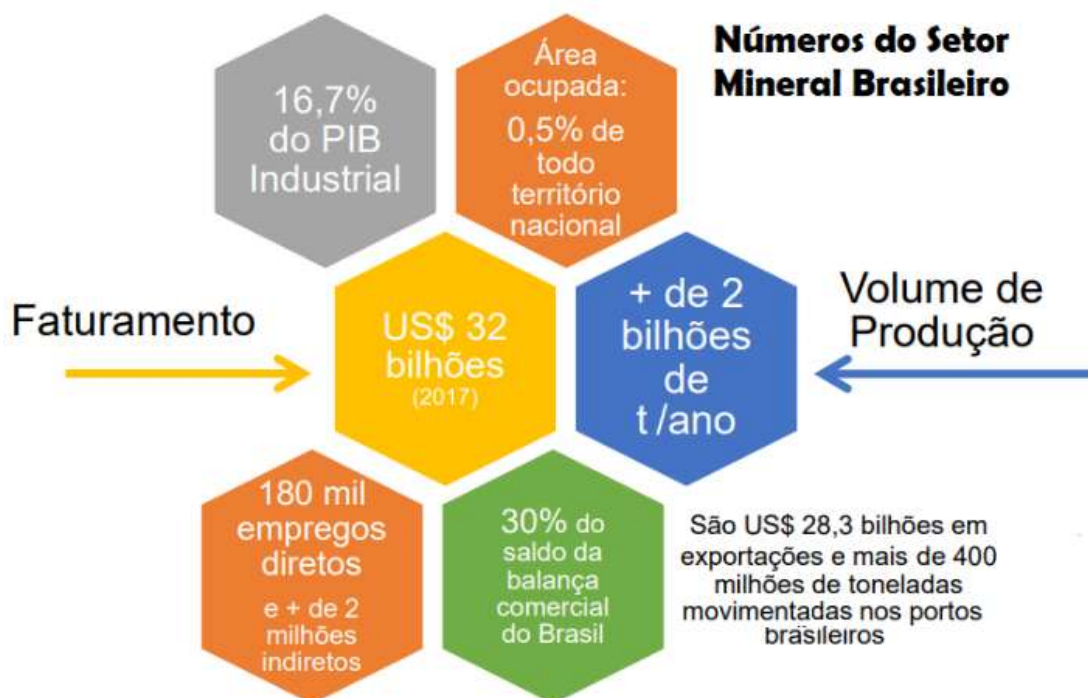
- Evidenciar as características da área a serem consideradas no planejamento da recuperação ambiental e paisagística;
- Propor medidas mitigatórias aos danos ambientais decorrentes da lavra em pedreiras;
- Indicar procedimentos para a recuperação ambiental e paisagística;
- Realizar simulação paisagística com o auxílio de ferramentas computacionais através do estudo de um caso hipotético;
- Desenvolver um projeto que possa ser utilizado por empresas do setor mineral, bem como pelos alunos do curso de Engenharia de Minas como material didático-pedagógico.

3.1 LAVRA DE PEDREIRAS NO BRASIL

A mineração é considerada indispensável para a economia e desenvolvimento de um país, uma vez que fornece matérias-primas para os setores da agricultura, metalurgia, construção civil dentre outros. Nesse contexto, a lavra em pedreiras se torna muito importante para a economia nacional.

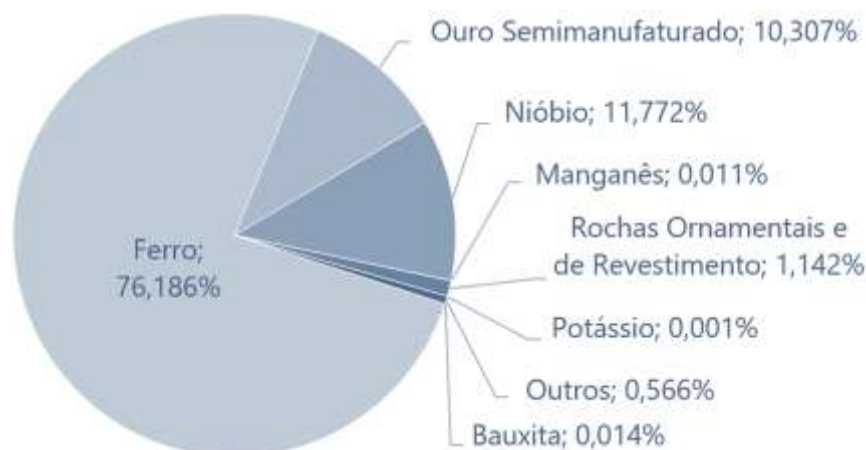
O território brasileiro possui importância mundial em relação a depósitos minerais. Parte dessas reservas é considerada expressiva quando relacionadas mundialmente. Na Figura 1 é possível ter um panorama geral da relevância da atividade mineradora no Brasil no ano de 2017. E na Figura 2, uma representação das substâncias minerais produzidas no estado de Minas Gerais destinadas à exportação, com ênfase rochas ornamentais e de revestimento (1,142%), também no ano de 2017.

Figura 1 - Números do setor mineral brasileiro.



Fonte: adaptado de CAGED/MDIC/IBGE/IBRAM 2017.

Figura 2 - Participação de cada grupo das substâncias minerais nas exportações do setor mineral de Minas Gerais, em 2017.



Fonte: MDIC 2018.

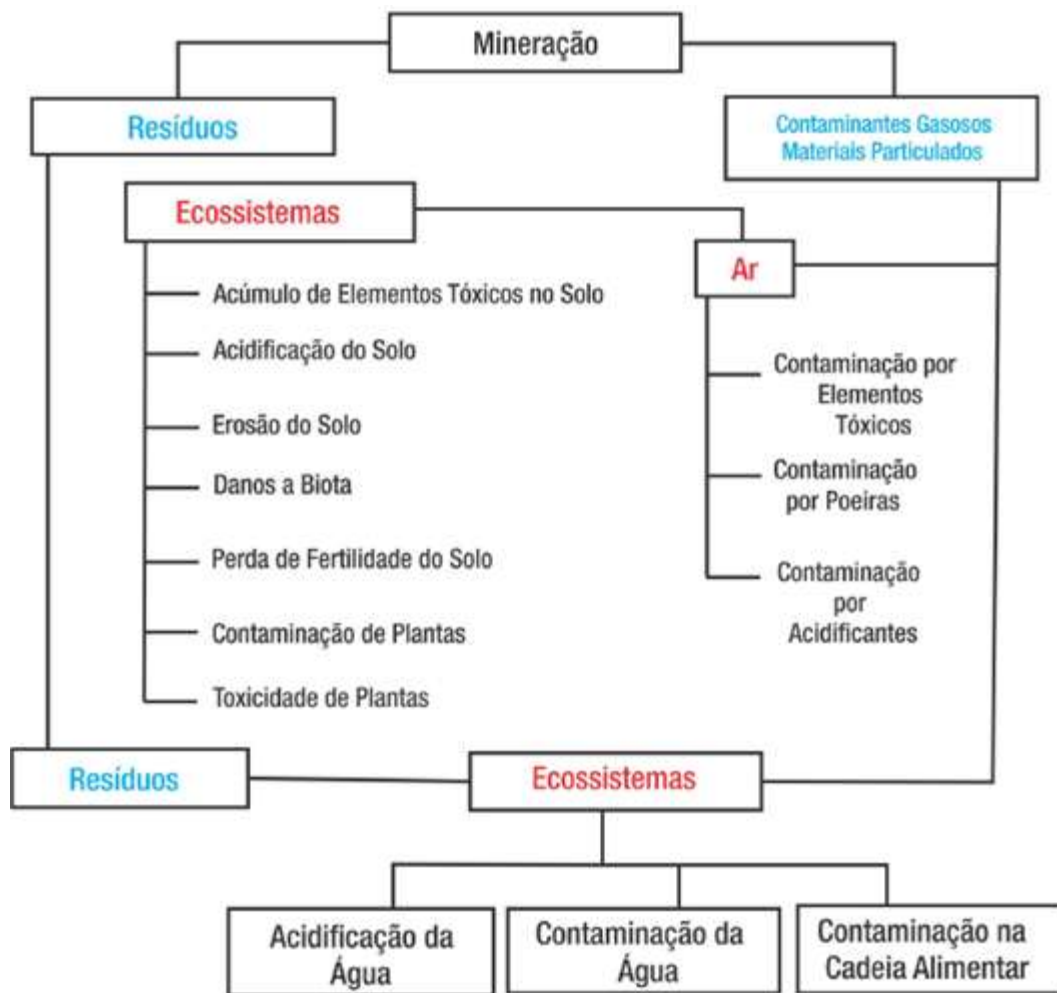
Com métodos de extração efetuados de forma lenta e rudimentar, as primeiras pedreiras no Brasil surgiram no século XIX. Os diversos materiais de construção eram retirados dos aluviões e, quando de afloramentos rochosos, eram desagregados com cunhas e muitas vezes perfurados e detonados com pólvoras caseiras (GERMANI, 2002).

Segundo Valverde (1999), areia e pedra britada caracterizam-se pelo baixo valor agregado e grandes volumes produzidos. O transporte responde por cerca de 2/3 do preço final do produto, o que impõe a necessidade de produzi-las com menor distância dos aglomerados urbanos. Nesse contexto, o maior problema para o aproveitamento das reservas existentes é a urbanização crescente que esteriliza importantes depósitos ou restringe a extração. A ocupação do entorno de pedreiras por habitações e restrições ambientais criam sérios problemas para as lavras em operação. Como consequência, novas áreas de extração estão cada vez mais distantes dos pontos de consumo, encarecendo o preço final dos produtos.

3.2 IMPACTOS AMBIENTAIS PRODUZIDOS PELAS PEDREIRAS

O impacto das atividades da mineração é uma questão de preocupação ambiental em diversas partes do mundo. Dentre os danos causados ao ambiente pela mineração, podem-se destacar a diminuição da cobertura verde, a contaminação do solo, a perda parcial ou total da fauna e flora (incluindo ecossistemas florestais), a redução da quantidade e qualidade dos recursos hídricos, a poluição do ar e os impactos na saúde e habitação humana ou ambos mostrados na Figura 3. Por estas razões, a cobertura vegetal exerce um papel fundamental no equilíbrio dos sistemas e é considerada um indicador desejável da qualidade ambiental. (SANTOS, 2017)

Figura 3 - Impactos ambientais na mineração.



Fonte: adaptado de Dudka & Adriano, 1997.

No caso das pedreiras, as alterações ambientais são, em geral, da paisagem, do meio atmosférico (particulados em suspensão no ar), dos recursos hídricos (assoreamento e poluição dos cursos d'água), feições geomorfológicas e das encostas (instabilidade de taludes e modificações do relevo) e, por fim, e não menos importante, na alteração de fauna e flora (BACCI *et al.*, 2006).

Para Gehlen (2008), um exemplo a ser analisado é a extração de basalto, que proporciona uma desfiguração do terreno e uma completa alteração da paisagem. Essas alterações da superfície manifestam-se mais obviamente no aspecto estético, pelos elementos visuais da linha, forma, textura, escala complexidade e cor que compõe a paisagem. Como consequência, causam impactos topográficos, vegetativos e hídricos na área de influência direta do empreendimento. As recomposições topográficas das áreas, a drenagem e o plantio de espécies vegetais constituem medidas que minimizam esses impactos.

3.2.1 Impacto sobre o solo

O solo deve ser considerado um recurso natural não renovável, pelo que sua ocupação deverá ser adequada em conformidade com a sua capacidade de uso, de modo a evitar a sua degradação e destruição, sobretudo no caso dos solos de elevada capacidade produtiva (BARRETO, 2001). Sobre os impactos advindos da lavra em pedreiras, podem-se citar a erosão (causada principalmente pela retirada da vegetação), contaminação (por óleo, graxas e combustíveis) e instabilidade do terreno (escorregamento de blocos).

3.2.2 Impacto nos recursos hídricos

Em explorações a céu aberto, é importante fazer a distinção entre águas subterrâneas, as que ocorrem abaixo do nível freático, e águas superficiais, como as drenagens e rios. No caso dos impactos, os recursos hídricos superficiais podem ser tomados por partículas sólidas vindas das atividades de pesquisa, beneficiamento e de infraestrutura; e óleos, graxas e elementos químicos são deixados no solo, podendo alterar águas subterrâneas (MODESTO, 2007).

3.2.3 Impacto pela poluição do ar

Tal impacto ocorre, principalmente, devido a enorme quantidade de poeira e gases, decorridos da utilização de explosivos e movimentação de veículos e máquinas. A qualidade do ar é alterada, provocada por veículos pesados e leves que circulam na empresa e no desmonte de rocha, onde partículas sólidas finas desprendem-se formando uma nuvem de poeira, alastrando a uma grande distância (MODESTO, 2007). Além disso, o uso de explosivos pode provocar a emissão de gases decorrentes das reações químicas ocorridas durante as detonações.

3.2.4 Impacto relativo ao ruído

A emissão de ruídos que gera impactos ao entorno ocorre quando uma pedreira está em uma área urbana ou próxima dela. Os principais efeitos sobre o homem são relativos ao desconforto provocado pelo nível de ruído causado pelas explosões e pelo trabalho das máquinas (compressores, caminhões, perfuratrizes dentre outros).

3.2.5 Impacto relativo às vibrações

As explosões, além dos ruídos, causam também vibrações, que correspondem a um fenômeno físico decorrente do desmonte realizado através da detonação de carga de explosivos, a qual gera ondas sísmicas que se propagarem através do maciço rochoso. Tal fenômeno pode comprometer as estruturas das residências próximas, gerar sensação desagradável e possibilidade de provocar danos nas edificações localizadas nas vizinhanças.

3.2.6 Impacto à biodiversidade

O primeiro impacto da indústria extrativa na biodiversidade é geralmente produzido pela remoção de formas físicas da superfície durante a extração de minerais ou mesmo pela construção de infraestruturas associadas, tais como estradas de acesso, aterros e barragens de rejeitos. Através deste processo, os habitats naturais existentes podem ser alterados, prejudicados, fragmentados ou removidos localmente. Tal impacto na fauna pode ocorrer em dois níveis: com a própria destruição de indivíduos ou sua evasão do local, afetando principalmente espécies de baixa mobilidade (SILVA, 2007).

3.2.7 Impacto no patrimônio arqueológico

O patrimônio arqueológico não é considerado um bem renovável e a sua presença (i.e., locais com valor histórico) é uma consideração importante na expansão de uma pedreira bem como na escolha de locais para implementação de novas áreas de lavra. Muitas vezes, durante a fase de prospecção ou de remoção da cobertura vegetal e de solo, são descobertas antigas edificações, artefatos (escudos, armas, ferramentas), pinturas rupestres ou, até mesmo, ossadas que, no caso de possuírem interesse arqueológico e histórico, podem inviabilizar a continuação dos trabalhos. No entanto, tais descobertas representam um impacto positivo no patrimônio cultural da região (*Environmental Protection Agency*, 2006).

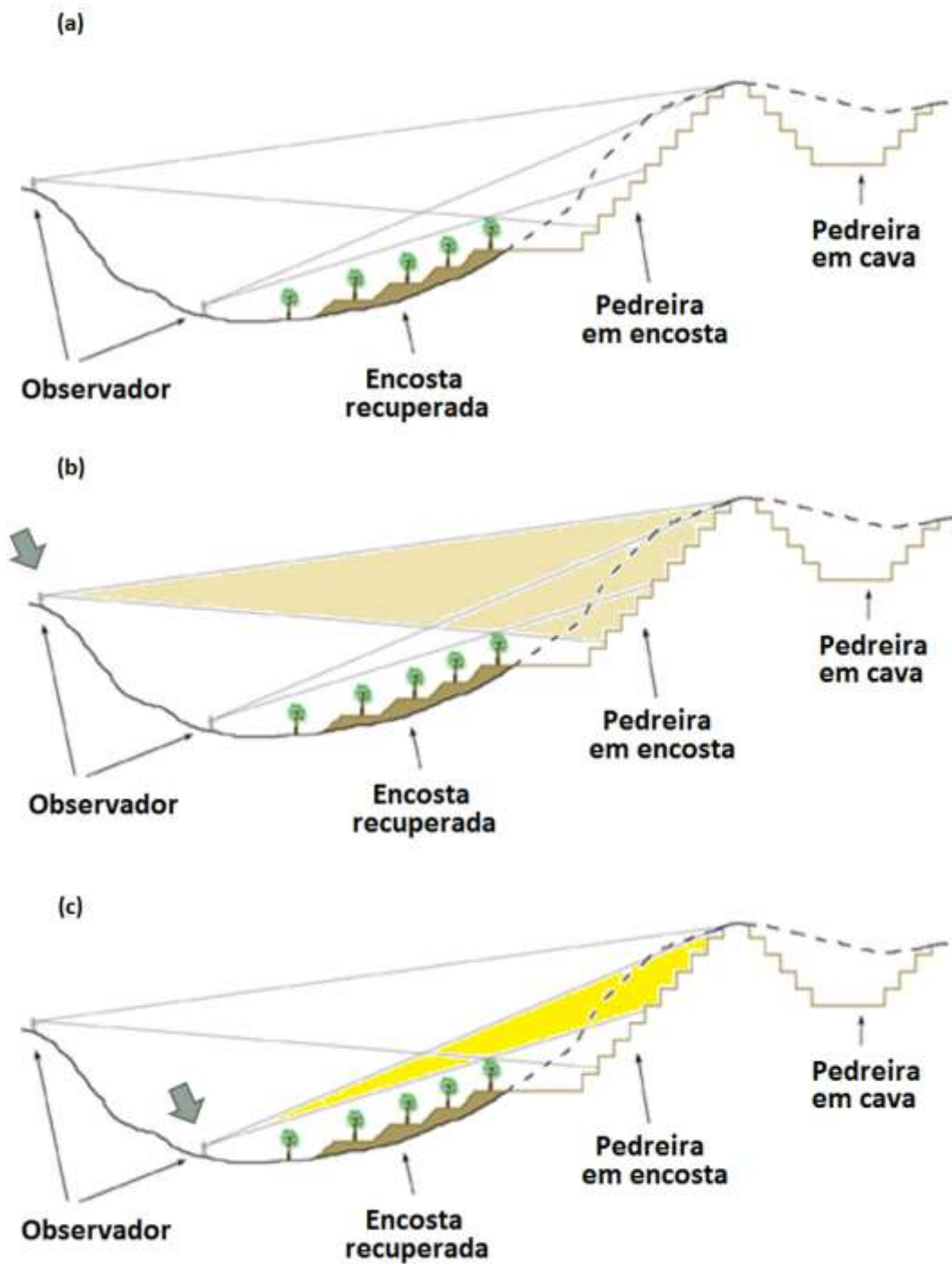
3.2.8 Impacto visual - paisagem

Dentre os potenciais impactos advindos da atividade mineradora, o impacto visual ou da paisagem é um dos que mais merece atenção. Em certos casos, o seu efeito é bastante negativo, desagradável e motivo de reclamação por parte da sociedade afetada. No entanto, é necessário ressaltar que se trata de uma fonte de degradação pontual uma vez que afeta apenas a área de exploração. De uma forma geral, o impacto está relacionado com a topografia da área bem como ao tipo de paisagem e vegetação (VICENTE, 2016).

As cavas de material são inevitáveis, pois não é possível, simultaneamente, extrair material sem que haja consequências dessa extração. As pedreiras localizadas em flancos de encosta possuem um impacto

visual muito superior às localizadas em zonas planas. A Figura 4 ilustra o impacto visual em pedreiras do tipo cava ou tipo encosta em relação à posição do observador, em duas posições na topografia (a) e (b).

Figura 4 - Relação entre a localização das pedreiras (cava ou encosta), observador e impacto visual.



3.3 LEGISLAÇÃO APLICADA

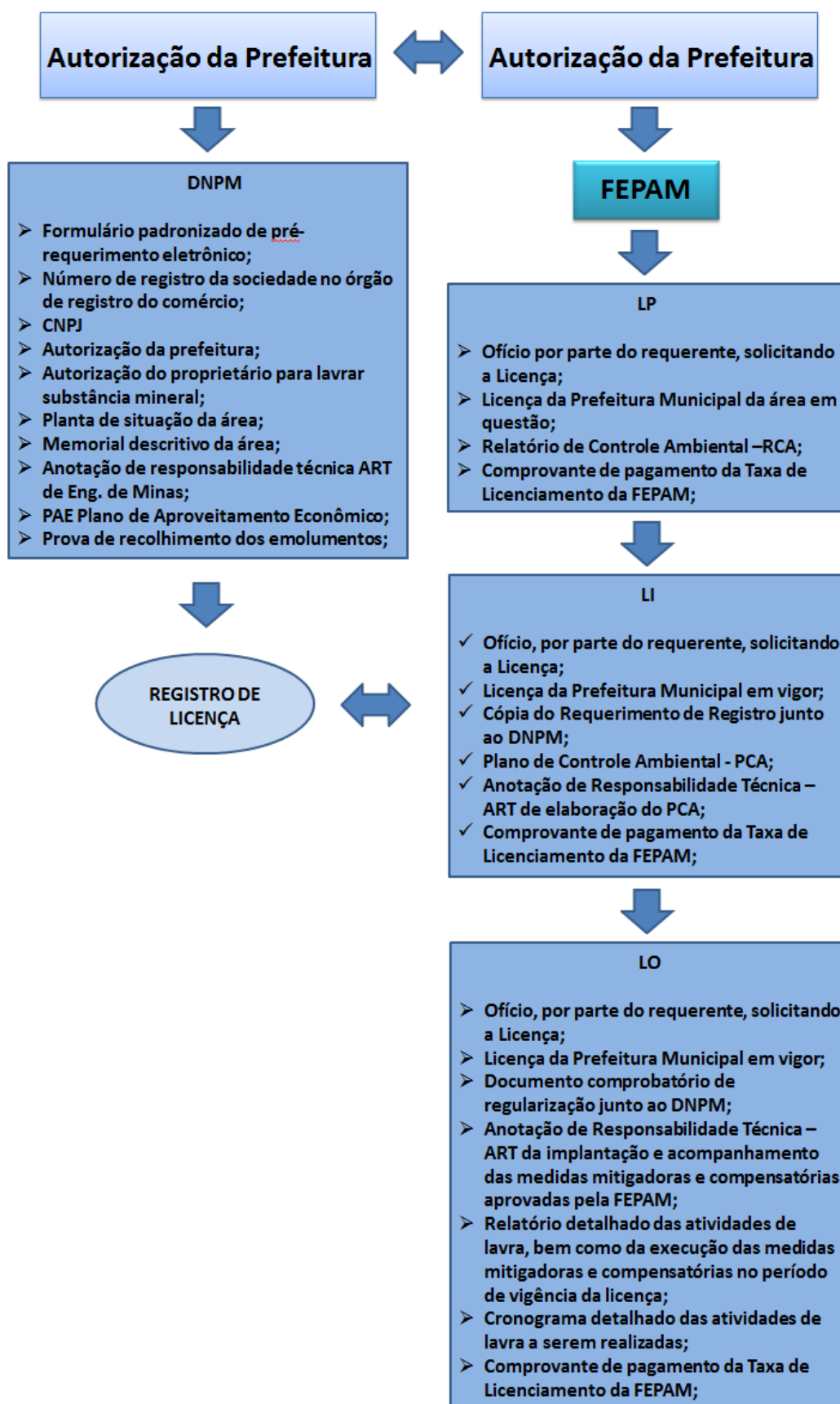
A ANM (Agência Nacional de Mineração) – extinto DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) é o órgão regulador do setor mineral no Brasil, que tem a responsabilidade de preparar as autorizações para a exploração dos minerais e de fiscalizar a mineração, sendo que em cada estado brasileiro existe um órgão responsável pelo licenciamento ambiental das atividades com potencial impactante ao meio ambiente (RESENDE *et al.*, 2008).

O Decreto n.º 97.632, de 10 de abril de 1981, dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, Inciso VIII, da Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981: “Artigo 2º - Os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e do Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, submeter à aprovação do órgão ambiental competente, plano de recuperação de área degradada”. O art. 225, § 2º da Constituição Federal de 1988, impõe àquele que explorar recursos minerais a responsabilidade de recuperar os danos ambientais causados pela atividade de mineração, consistente na obrigação de "recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com a solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma de lei”.

O licenciamento, na legislação federal, aparece como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, em seu Artigo 9º, Inciso IV, “Artigo 9º - São instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente: IV – o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras (...)”

A partir da Resolução CONAMA 237/97, Artigo 1º, Inciso I, sobre o licenciamento ambiental, tem-se: “é procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso” (CONAMA, 2006). A Figura 5 ilustra esquematicamente as etapas do licenciamento de uma pedreira - Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO) - juntamente com a documentação necessária para licenciá-la perante os órgãos ambientais.

Figura 5 – Etapas e documentação necessárias para o Licenciamento Ambiental de uma Pedreira.



Fonte: adaptado de MULLER, 2011.

O Plano de Controle Ambiental (PCA) é exigido pela Resolução nº 009/90 do CONAMA para concessão da Licença de Instalação das atividades de extração mineral de todas as classes previstas no Decreto nº 227/67. O PCA é uma exigência adicional ao EIA/RIMA, o qual deve conter os projetos executivos de minimização dos impactos ambientais através do EIA/RIMA (MULLER, 2011). A Figura 6 esquematiza as etapas para aquisição do Plano de Controle Ambiental.

Figura 6 - Organograma do Plano de Controle Ambiental - PCA.



Fonte: MULLER, 2011.

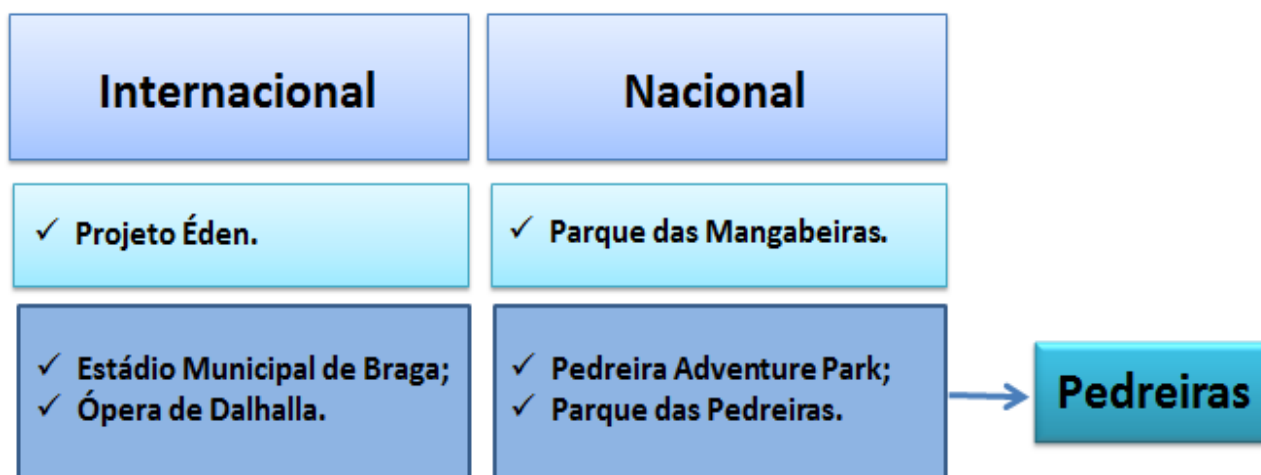
3.4 EXEMPLOS DA LITERATURA

As formas de reconversão de uma área afetada pela lavra de uma pedreira atendem, muitas vezes, a questões de ordem econômica do local. E o espírito do proprietário/explorador da pedreira para a possibilidade de que a implementação de soluções alternativas, além da usual plantação florestal, que pode assim trazer mais valias ao seu negócio, direta ou indiretamente, e até facilitar o relacionamento com as populações da zona envolvente (BASTOS & SILVA, 2005).

A reconversão do local afetado pela atividade mineradora depende das condições biofísicas locais, dos padrões de ocupação do território e da história local, dos planos de ordenamento do território e, mesmo, das expectativas criadas pela promoção de políticas de âmbito regional ou mesmo nacional (BASTOS & SILVA, 2005).

A Figura 7 apresenta os exemplos selecionados da literatura para mostrar propostas de recuperação ambiental de áreas atingidas pela atividade mineradora. Foram escolhidos exemplos internacionais e nacionais de grande relevância no contexto da mineração, dentre eles, casos que envolvem recuperação de áreas degradadas por lavra em pedreiras.

Figura 7 - Exemplos selecionados da literatura para mostrar propostas de recuperação ambiental de áreas atingidas pela atividade mineradora.



3.4.1 Projeto Éden

Idealizado por Tim Smith, em 1994, o Projeto Éden pode ser descrito como um jardim global (onde poderiam ser observadas uma grande biodiversidade de flores de diversos ecossistemas) e é considerado a maior estufa do mundo. Situado em Cornalles, na Inglaterra, foi implantado em uma antiga área de exploração de caulim, que funcionou por 170 anos. O encerramento das atividades mineiras e a diminuição

da indústria primária afetaram a economia local, (VIEIRA, 2002). Dessa forma, seria necessário um redirecionamento para a economia local, sendo o ecoturismo uma boa opção.

O terreno, com 50 hectares a 60 metros de profundidade, apresentava altas declividades que foram suavizadas com grande movimentação de terras. O solo estava inapropriado para o plantio. Para reverter essa situação, foram utilizadas 85.000 toneladas de solo, composto de barro, areia, minerais e matéria orgânica. Todo o projeto seguiu os princípios da sustentabilidade, com aproveitamento das águas da chuva, produção de energia solar e, todo o plantio foi feito a partir de sementes ou mudas que procederam de jardins botânicos, sem a retirada de espécies do meio natural. A maior das cúpulas tem 100m de diâmetro e 45m de altura (Figura 8). Interessante ressaltar, que o módulo hexagonal é capaz de se adaptar às variações na topografia do terreno (MULLER, 2011).

Figura 8 - Projeto jardim do Éden - Inglaterra.



Fonte: site [somosverdes](http://somosverdes.com.br/projeto-eden-a-maior-estufa-tropical-do-mundo-simplesmente-apaixonante/), disponível em: <http://somosverdes.com.br/projeto-eden-a-maior-estufa-tropical-do-mundo-simplesmente-apaixonante/>

3.4.2 Estádio Municipal de Braga

Construído para a realização do campeonato de futebol (Euro 2004), na cidade de Braga, em Portugal, o Estádio Municipal de Braga (Figura 9) é um exemplo de solução alternativa para fechamento de uma pedreira. O estádio foi construído em meio à rocha e sua estrutura é apoiada no granito em estado bruto. Devido a sua localização e integração com o entorno, ele também é conhecido como “A Pedreira”. O projeto do estádio, elaborado pelo arquiteto Eduardo Souto de Moura, recebeu diversos prêmios, dentre eles, o FAD de Arquitectura 2005 e o Prêmio Secil de Arquitectura 2004 (MULLER, 2011).

Figura 9 – Estádio de Braga concebido pelo arquiteto Eduardo Souto Moura.



Fonte: BASTOS & SILVA, 2005.

3.4.3 Ópera de Dalhalla

Em 1940, foi implantada uma pedreira de calcário em Dalhalla, na Suécia, que teve sua exploração encerrada em 1991. No mesmo ano, o local foi visitado por uma cantora de ópera, Margareta Dellefors, que

procurava um local para realização de concertos ao ar livre. A acústica do local se mostrou perfeita. Com 400 m de comprimento por 175 m de largura e 60 m de profundidade, configurava um anfiteatro natural. Contendo 4.000 assentos, o local sedia um festival de ópera durante o verão e constantes apresentações teatrais e concertos. Dalhalla é um espaço singular, em meio a um bosque que se abre em uma impressionante cratera, com um lago de água verde junto ao palco como mostrado na Figura 10. O empreendimento trouxe vitalidade para indústria turística local, atraindo 100.000 visitantes por ano (RAGGI *et al.*, 2017).

Figura 10 – Ópera de Dalhalla, na Suécia.



Fonte: <https://www.flickr.com/photos/samucs/7882490736>.

3.4.4 Parque das Mangabeiras

O Parque das Mangabeiras mostrado na Figura 11 é um parque urbano localizado na cidade de Belo Horizonte em Minas Gerais (Figura 3.9). Foi criado em 1966 e inaugurado em 13 de maio de 1982. A área abrange parte da Serra do Curral e é uma das poucas áreas de conservação ambiental existentes no município. O parque possui área equivalente a 280 hectares e por associar uma mata nativa com as áreas de lazer, recreação, esportes, artes, pesquisas, educação ambiental e projetos sociais, possibilita um contato maior entre a natureza e o homem (DUARTE *et al.*, 2012).

Figura 11 – Parque das Mangabeiras, Belo Horizonte - MG.



Fonte: site o vemundo, disponível em [http://www. overmundo.com.br/guia/parque-das-mangabeiras](http://www.overmundo.com.br/guia/parque-das-mangabeiras).

A área onde hoje se situa o parque, nem sempre foi protegida. No início da década de sessenta instalou-se ali a Ferro Belo Horizonte S/A (FERROBEL), empresa mineradora municipal, que explorava minério de ferro no Parque. A localização das instalações do parque se encontra próximo da Mina de Águas Claras, descomissionada, pertencente à mineradora VALE (Figura 12).

A mineradora, antiga FERROBEL, ocupava os espaços onde hoje se situam o estacionamento Sul, Praça de Eventos e Praça das Águas do atual Parque das Mangabeiras . Ainda hoje existe um britador na

Praça de Eventos, construído nesta ocasião. O projeto paisagístico do Parque foi elaborado por Roberto Burle Marx e sua equipe (MULLER, 2011). (INDICAR MELHOR O LOCAL)

Figura 12 - Parque das Mangabeiras, proximidade com Mina de Águas Claras (atual, Vale) Belo Horizonte - MG.



Fonte: RAGGI *et al.*, 2017.

3.4.5 Pedreira Adventure Park

A Pedreira Adventure Park, localizada no município de Guarapari, Espírito Santo, é um projeto realizado numa antiga pedreira de granito. Trata-se de uma parte já explorada de uma jazida maior, ainda em exploração pela empresa BRITAMAR Indústria e Comércio Ltda. Como o próprio nome sugere, essa pedreira foi transformada num parque onde ocorrem eventos de variadas naturezas. Possui infraestrutura para a prática de esportes radicais e para a realização de festas, destacando-se o rapel e os esportes náuticos, praticados nos paredões de pedra e na lagoa formada pelo afloramento do lençol freático, respectivamente (BIZI, 2011). A Figura 13 ilustra a pedreira Britamar, ainda em operação, e a Pedreira Adventures Park, na cidade de Guarapari – ES, onde está destacada a estrada principal de acesso (amarelo), o contorno do Park (azul) e o contorno da pedreira ainda em operação (vermelho). Já a Figura 14 mostra a área de recreação dentro do parque.

Figura 13 - Britamar e Pedreira Adventures Park, Guarapari - ES.



Fonte: RAGGI *et al.*, 2017.

Figura 14 - Pedreira Adventure Park, Guarapari - ES.



Fonte: site feriasbrasil, disponível em: <https://www.feriasbrasil.com.br/es/guarapari/pedreiraadventurespark.cfm>

3.4.6 Parque das Pedreiras

A cidade de Curitiba possui 26 parques, apresentando um total de aproximadamente 81 milhões de metros quadrados de área verde preservada. O Parque das Pedreiras mostrado na Figura 15 se destaca por ser uma área onde anteriormente se localizava a pedreira, João Grava, que em 1992 foi revertida em parque. O local é também um centro cultural envolvido por lagos, cascatas e mata de araucárias. No local encontra-se a Ópera de Arame e o Espaço Cultural Paulo Leminski.

Figura 15 - Ópera de Arame, Parque das Pedreiras, Curitiba - PR.

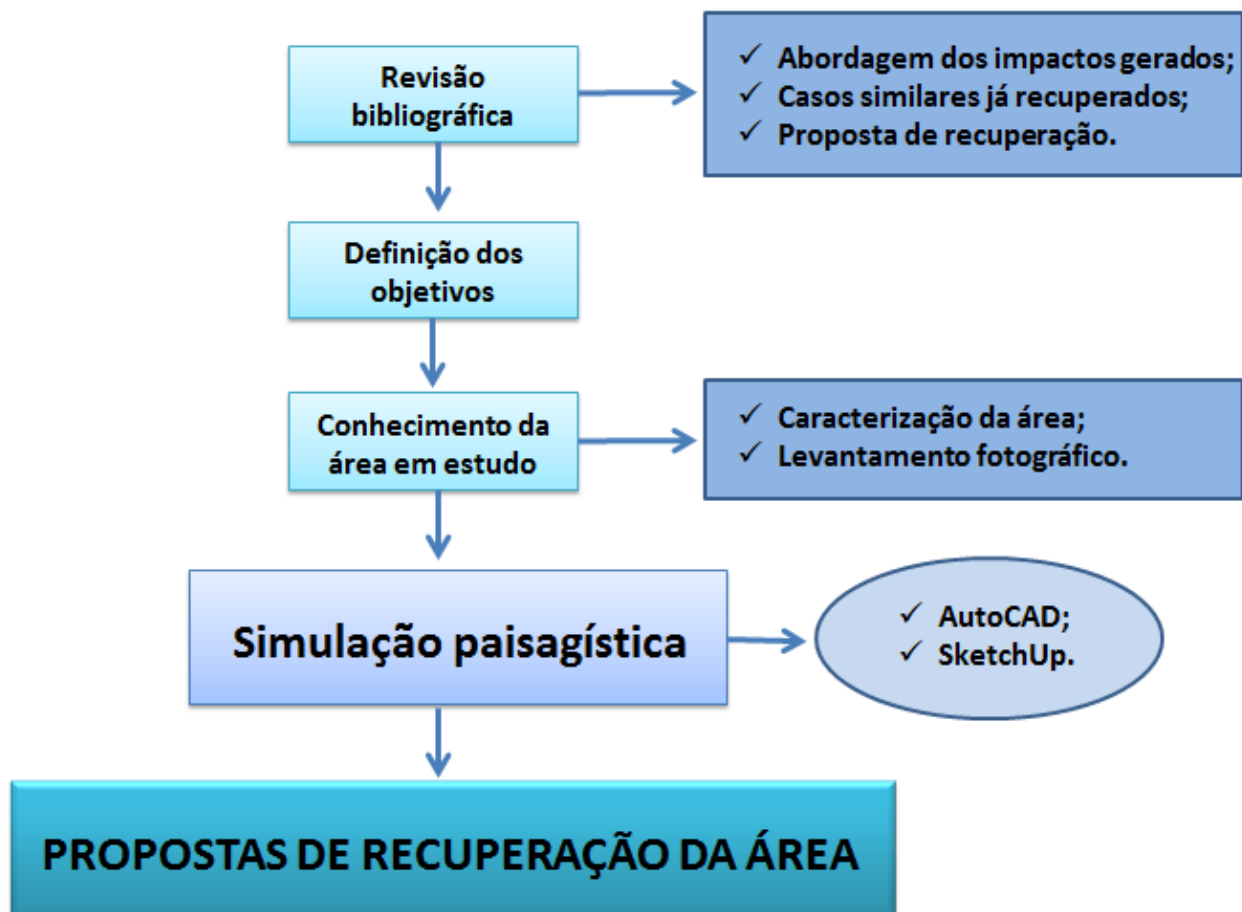


Fonte: <https://blog.shortstaycuritiba.com.br/curitiba/dica-cultural/opera-de-arame-parque-das-pedreiras/>

4.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

O presente trabalho evidencia a importância de ser realizada pesquisa bibliográfica, trabalho de campo para avaliar as condições da área e levantamento fotográfico do local. Tais atividades são importantes para o conhecimento da área de estudo, bem como para a formulação de uma possível proposta de recuperação ambiental de minas em pedreira. A Figura 16, mostra de maneira simplificada etapas fundamentais no estudo de uma região atingida por mineração; no caso deste trabalho, a lavra em pedreiras.

Figura 16 – Fluxograma esquemático dos pontos principais de estudo de uma região atingida pela lavra de pedreiras.



As atividades básicas no planejamento da recuperação geralmente incluem a definição dos objetivos, o estabelecimento do uso futuro da área e a elaboração de um plano de recuperação. Os objetivos para a recuperação podem ser vistos a partir de perspectivas teóricas e práticas. De maneira simples, um projeto de recuperação deve ter por objetivo produzir condições ambientalmente estáveis que, em última instância, integrem a área perturbada ao ecossistema geral. O plano de recuperação deve abordar a reconstrução topográfica, substituição do substrato, revegetação e monitoramento e manutenção do local (SANTOS, 2017).

A simulação paisagística tem como objetivo realizar a inserção de uma transformação na paisagem com a aplicação de uma metodologia baseada em critérios reproduzíveis, ou seja: que se possa demonstrar qual será o resultado de uma intervenção no ambiente. Para isso, podem-se utilizar ferramentas de modelagem gráfica 3D, como os *softwares* AutoCAD e SketchUp.

4.1.1 AutoCAD

O AutoCAD é um software da Autodesk e, como a sigla CAD já indica, ele permite a criação de *Computer Aided Designs*, ou seja, designs feitos com a ajuda de um computador. É uma ferramenta utilizada para o desenho de diversos produtos em inúmeras áreas, como construção civil, indústria automobilística, nos campos da engenharia, arquitetura, informática, dentre outras.

Devido a sua grande popularidade, facilidade quanto à existência de cursos e grande diversidade de ferramentas, o AutoCAD pode ser um excelente modelador paisagístico com emprego na mineração.

4.1.2 SketchUp

O SketchUp é um modelador 3D muito utilizado por arquitetos para a simulação paisagística de residências ou meios urbanos. Assim como a maquete física, a modelagem 3D permite avançar em questão de tempo e precisão, com materialidade e espacialidade que nenhum desenho bidimensional permitiria.

Além de facilitar na questão da construção de formas, texturas, contraste de cor e uma biblioteca com modelos 3D prontos, uma das funções mais impressionantes do SketchUp é a geolocalização do arquivo. Através desse artifício, se pode posicionar o projeto exatamente em suas latitudes e longitudes e elaborar estudos de insolação fiéis ao existente. Com ferramentas específicas para trabalhar com paisagismo é possível criar terrenos por meio de linhas, como morros, cumes, vales, estradas, caminhos, entre outros. Dessa forma, esse item pode ser muito utilizado para a simulação de ambientes com presença de lavra em pedreiras.

4.2 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DEGRADADA

Segundo Santos (2017), a identificação e caracterização da área degradada pela atividade de mineração envolve a mensuração de diversos parâmetros, sendo esses indicados a seguir.

4.2.1 Mapeamento

O mapeamento é de fundamental importância uma vez que permite delinear a extensão das áreas sujeitas à degradação ambiental direta e indireta, utilizando técnicas como produção de mapas dimensionados, sensoriamento remoto, fotografias aéreas, dentre outros.

4.2.2 Investigação geológica e geotécnica

O estudo geológico e geotécnico, da área de estudo, deve ser realizado em campo e laboratório, buscando obter informações sobre os parâmetros essenciais para a restauração sustentável e para os estratos susceptíveis que influenciam na restauração. Tem-se como exemplo, a toxicidade do solo e a estabilidade dos despejos de resíduos que precisam ser investigados antes da recuperação ser realizada.

4.2.3 Investigação meteorológica e climatológica

O estudo climático da região permite avaliar a influência na poluição atmosférica e da água a partir de dados normalizados de temperatura, quantidade de chuva, umidade e padrões de vento, dentre outros.

4.2.4 Condição hidrológica

O estudo dos recursos hídricos em um local inclui a quantidade, qualidade, movimento e armazenamento de água acima e abaixo da superfície. A hidrologia é determinada pelas características do clima, geologia, topografia, solo e vegetação. O clima fornece a entrada de água para o sistema hidrológico enquanto que os outros parâmetros determinam o movimento da água para dentro e através da superfície.

4.2.5 Condição topográfica

O estudo da configuração superficial de uma área descrita como rugosa, ondulada, suave ou lisa. A topografia em torno dos locais perturbados também influencia os planos e práticas de recuperação. A superfície reconstruída deve misturar-se com a paisagem não perturbada, de modo que os fluxos de matéria

e energia atravessem suavemente a superfície recuperada. Esse estudo é de fundamental importância para a posterior recuperação da área atingida.

4.2.6 Condição do solo

O estudo dos solos inclui a capacidade de retenção de água do solo controlada pelos fatores combinados de textura, agregação, densidade aparente e sobre toda a profundidade. Influencia diretamente na produtividade da planta, potencial de lixiviação e reabastecimento de água subterrânea.

4.2.7 Condição da vegetação

O estudo morfoestrutural evidencia particularmente a qualidade, quantidade e diversidade de vegetação em um local. Tal estudo reflete todo o meio ambiente natural, além das atividades humanas passadas e presentes no local. A comunidade de plantas em uma área pode ser nativa e introduzida, espécies sensíveis e tolerantes, comuns e ameaçadas de extinção.

4.3 PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS

A proposta de recuperação de áreas degradadas, por extração mineral, envolve uma abordagem interdisciplinar, reunindo e integrando o conhecimento de diferentes áreas, como, geologia, hidrologia, biologia, engenharia, arquitetura paisagística, silvicultura, entre outras. Esta prática tende a oferecer soluções mais completas para os problemas, contribuindo para um melhor desempenho e eficácia dos trabalhos realizados.

Segundo Bitar (1997), os procedimentos e atividades de recuperação de pedreiras abandonadas variam de acordo com as características de cada caso, no entanto, de uma maneira geral é possível identificar algumas fases pelas quais todos os projetos de recuperação devem passar, são eles: avaliação preliminar, planejamento, aplicação de medidas e gestão e monitorização.

A avaliação preliminar, simplificada, corresponde à análise prévia pormenorizada do local e do seu ambiente, ou seja, ao levantamento do estado de referência. Deve contemplar as características gerais do ambiente, descrição do clima e qualidade do ar, geologia e hidrogeologia, hidrologia e qualidade da água, ecologia, recursos patrimoniais e aspectos socioeconômicos. Além disso, devem ser descritos, sempre que presentes, os tipos, as quantidades e o volume de efluentes e resíduos (FIÚZA, 2009).

A recuperação, para Tang *et al.* (2011), deve consistir em restabelecer a diversidade biológica e restaurar os processos ecológicos afetados pela exploração, enfatizando a criação de paisagens o mais naturais possível e a compatibilidade com o meio envolvente. Para isso, os autores referem-se à

manipulação do solo, estabilização física de declives e vegetação como os três pilares básicos para a reabilitação de pedreiras.

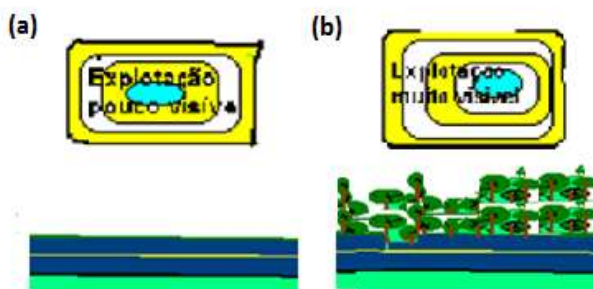
As medidas de recuperação executadas requerem vistorias e inspeções periódicas, visando manter as condições necessárias ao cumprimento dos objetivos pré-estabelecidos no plano de recuperação. A principal razão para a monitorização contínua da área após a recuperação é assegurar que as medidas aplicadas surtiram os efeitos desejados e o local não apresenta riscos ambientais, de saúde ou segurança (HEIKKINEN, 2007). Eventuais resultados insatisfatórios podem exigir desde a reavaliação da área degradada e a reformulação das medidas executadas até, se necessário, sua complementação ou substituição (BITAR, 1997).

4.3.1 Configuração final da área a ser recuperada

Os depósitos minerais se distribuem espacialmente sobre a crosta terrestre de forma aleatória e devem ser explorados onde se encontram. As depressões originadas pela retirada de material são inevitáveis, pois não se pode simultaneamente querer extrair material sem que haja consequências. Como exemplo, possuem um impacto visual muito superior às pedreiras localizadas em flancos de encosta, isso quando comparadas as localizadas em zonas planas.

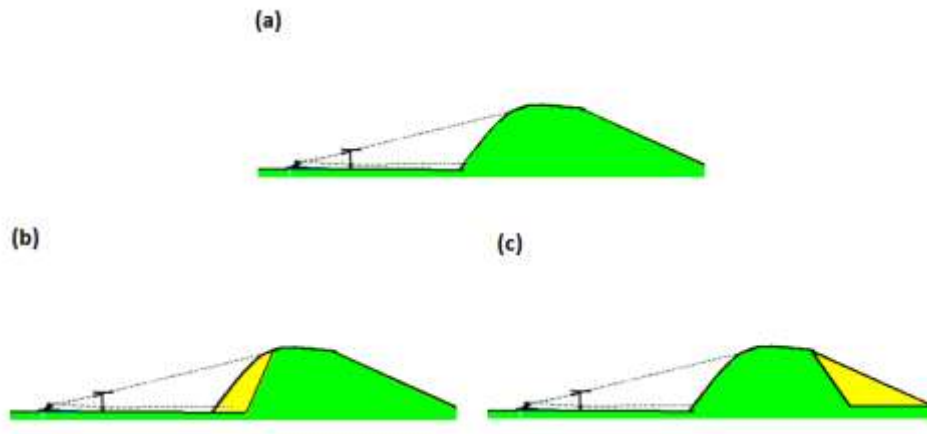
Segundo Curi (2005), os critérios referentes à localização da exploração se basearão no isolamento ou afastamento dos núcleos urbanos e zonas transitáveis, na centralização das atividades e, no aproveitamento dos acidentes topográficos e da vegetação natural mostrada na Figura 17). Uma vez investigado e avaliado o depósito a explorar, a primeira providência a seguir com relação à paisagem será o aproveitamento da topografia do entorno. Deve-se evitar a abertura de pedreiras em encostas de serras altas localizadas próximas a autopistas, estradas de tráfego intenso ou outros corredores visuais com grande trânsito de pessoas, bem como em áreas habitadas desde as quais sejam visíveis. As cavas de escavação podem ser executadas nas vertentes opostas (Figura 18), de modo que o terreno natural atue como meio de ocultação.

Figura 17 – (a) Área sem vegetação sendo a pedreira exposta e (b) com aproveitamento da vegetação para ocultar área em atividade.



Fonte: adaptado de CURI, 2005.

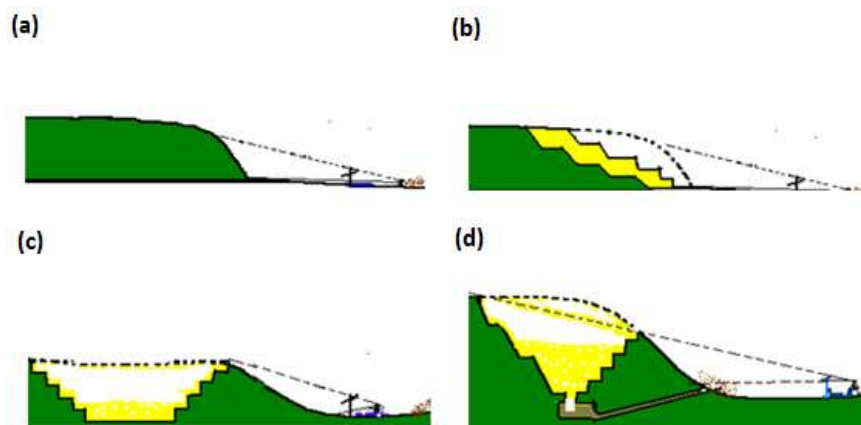
Figura 18 - (a) Localização de área com possível exploração de pedreira com presença de observador à esquerda; (b) projeto incorreto a ser extraído material; (c) projeto correto a ser extraído material.



Fonte: adaptado de CURI, 2005.

Ainda segundo o autor, o próprio projeto da cava pode ser planejado com diversas configurações, sendo que quando for de grandes dimensões o projeto deve ser pensado de forma que minimize o impacto visual da presença de taludes (Figura 19). O ideal é proceder à abertura da cava na zona mais alta com uma geometria tronco cônica, deixando sem extrair uma parte do jazimento para que sirva de cortina visual frente aos observadores próximos e também de cortina sônica contra os ruídos produzidos pelas detonações de explosivos e equipamentos pesados. Outra vantagem deste projeto, quando os terrenos o permitem, é aproveitar no futuro a cava criada para depósito de água, de resíduos urbanos, dentre outros.

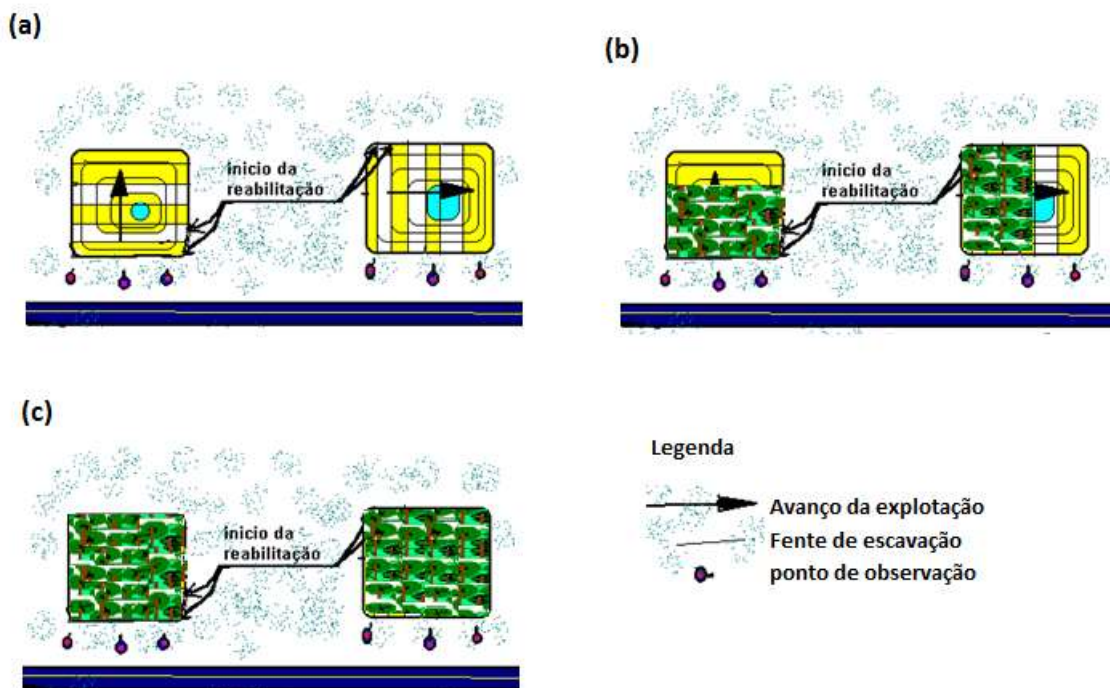
Figura 19 – (a) Localização de área com possível exploração de pedreira com grande dimensão, necessidade de estabilização com taludes e presença de observador à direita; (b) projeto incorreto a ser extraído material; (c) e (d) projeto correto a ser extraído material.



Fonte: adaptado de CURI, 2005.

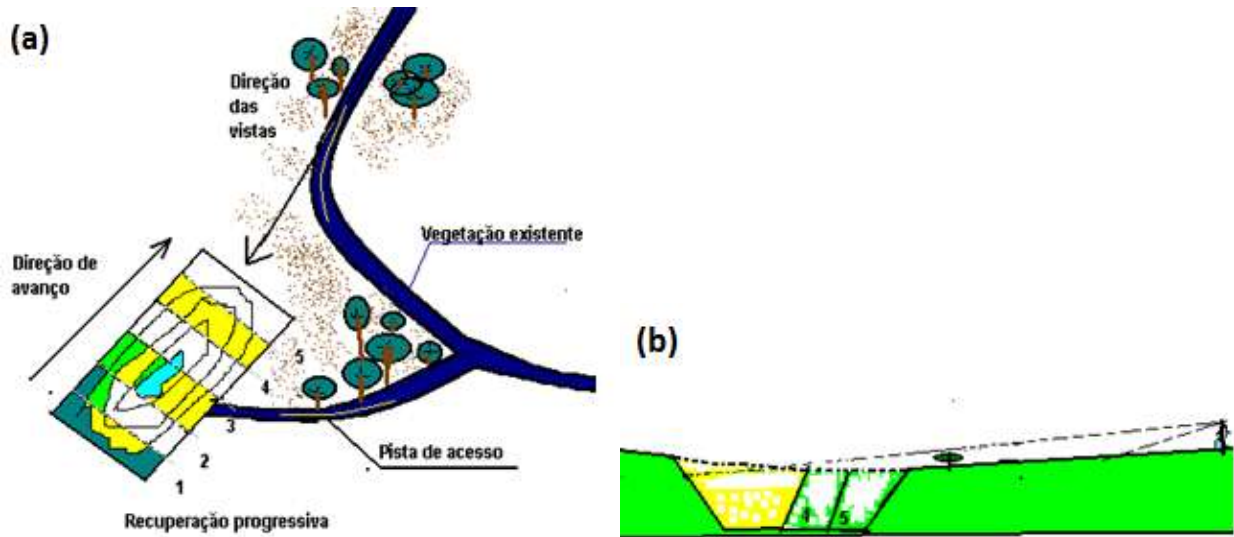
Para mitigar o impacto visual nas lavras em pedra, outros fatores que podem ajudar são: a orientação das frentes de trabalho e a direção de avanço prevista. As frentes podem orientar-se de modo que a parte ativa não seja tão visível a partir dos pontos principais de observação. Isto se consegue, por exemplo, quando os taludes vão sendo escavados segundo um rumo paralelo à direção de um corredor visual situado no mesmo nível. E quando o observador está em uma situação dominante, dispendo a frente de trabalho perpendicularmente ao eixo de visão (Figura 20 e 21) de modo que o terreno natural ainda sem explorar oculte a área de escavação. Simultaneamente, a revegetação ou o tratamento progressivo dos taludes laterais que vão alcançando sua posição final de projeto, complementarmente o efeito da orientação e permitirá usar os materiais de cobertura, previamente retirados e/ou empilhados, ou os possíveis estéreis produzidos sem necessidade de depositá-los em pilhas de estéril exteriores à mina.

Figura 20 – (a) Posições sucessivas da frente de lavra visíveis a observadores na estrada; (b) e (c) projeto inicial e final de orientação da recuperação com plantio de vegetação posicionada paralelamente ou verticalmente a direção da estrada.



Fonte: adaptado de CURI, 2005.

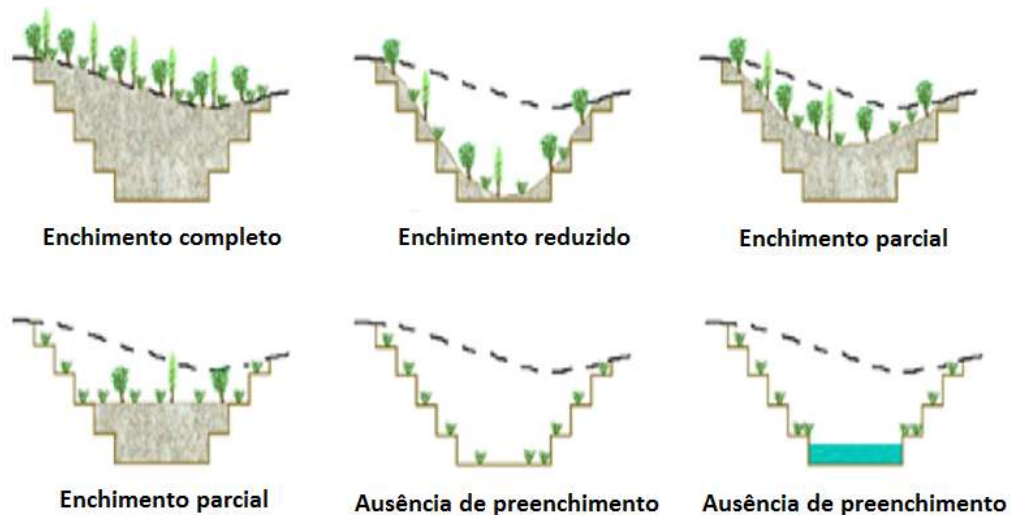
Figura 21 - (a) Orientação de uma frente de trabalho perpendicular ao eixo de visão de um observador situado em posição dominante. (b) Orientação de uma frente de trabalho perpendicular ao eixo de visão de um observador situado em posição dominante.



Fonte: adaptado de CURI, 2005.

Segundo Correia & Souza (2012) o tratamento dos vazios (depressões) resultantes da exploração de cava em pedreiras deverão ser, na medida do possível, objeto de ações que maximizem a instalação da cobertura vegetal, e uma das primeiras e principais ações será o enchimento. Podendo esse ser feito, quando se tratar de pedra em cava, através de renivelamento, enchimento parcial, abandono parcial ou com ausência de enchimento (Figura 22).

Figura 22 - Tipos de preenchimento dos vazios resultantes da exploração de pedreiras.

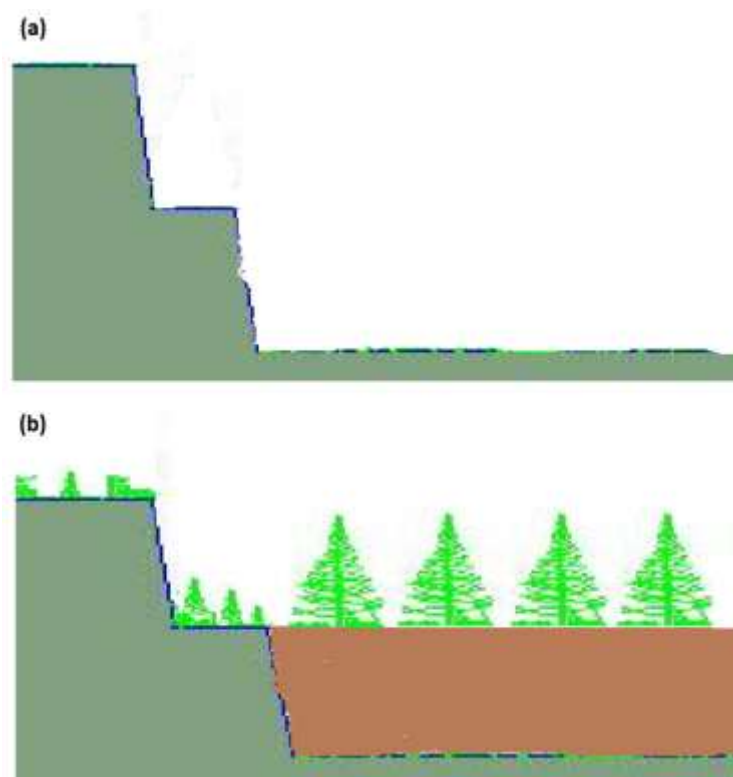


Fonte: adaptado de CORREIA, 2012.

4.3.2 Reconstrução de taludes finais

Embora o preenchimento da cava final seja a solução ideal, do ponto de vista de recuperação, nem sempre é possível por condicionantes econômicos ou pela ausência de materiais estéreis. Por isso, na maioria dos casos, é necessário modelar os taludes finais de modo que se consiga um perfil que seja geotecnicamente estável e integrado com a morfologia característica do terreno do entorno e que facilite a implantação da vegetação (Figura 23). O primeiro critério de projeto, fundamentalmente operativo, é a altura de banco que em algumas pedreiras chega a ser superior a 100 metros. Este superdimensionamento é consequência, em parte, da falta de projetos mineiros bem executados e fundamentados em pesquisa geológica e estudos de mercado que permitam estabelecer, pelo menos de forma preliminar, a situação final da cava de exploração, e por outro lado, ao fato de que a construção das pistas de transporte, pelas quais se acessam os novos bancos, se supõe um acréscimo econômico se não projetadas inicialmente (CURI, 2005).

Figura 23 - (a) Taludes finais e (b) projeto de revegetação na cobertura de solo preenchida e herbáceas nas bancadas



. Fonte: adaptado de CURI, 2005.

A Tabela 1, Curi (2005) ressalta alguns dos possíveis tratamentos para taludes de cavas de explorações mineiras. Soluções essas possíveis de aplicação em lavra em pedreira, sendo destaque as características do projeto das cavas podendo ser talude único e alto, taludes subdivididos em bancos e com altura expressa e, por fim, taludes baixos.

Tabela 1 - Opções de tratamento de taludes em cavas de mina a céu aberto.

Opção	Talude alto (único)	Talude alto (bancos)	Talude baixo
Preenchimento total	-	x	x
Preenchimento parcial (para diminuir inclinação)	-	x	x
Preenchimento pontual (seletivo)	-	x	x
Desmonte das cristas	x	x	x
Suavização dos taludes	-	x	x
Introdução de vegetação	x	x	x

Fonte: adaptado de CURI, 2005.

4.3.3 Drenagem da água

A drenagem das águas provenientes de possíveis chuvas é de grande importância no processo de recuperação da área, pois permite que a água escoe de maneira que a praça da pedreira não vire área de inundação, impossibilitando a possível adaptação da vegetação. Tal drenagem pode ser feita através de valas que direcionam a água para bacia de decantação e, logo após a decantação dos particulados, a água será encaminhada para drenagem natural. No caso de pedreiras em cava, pode-se optar por deixar a água surgir, dando origem a um grande lago, ou pelo enchimento da mesma com solo não permitindo assim o surgimento dessa água.

4.3.4 Conscientização ambiental

A conscientização ambiental possui um papel importante com o objetivo de alterar hábitos e procedimentos antiquados, sendo uma ferramenta fundamental para a mudança comportamental relativamente ao meio ambiente. Nesse sentido, a sensibilização ambiental é o primeiro passo a ser executado para alcançar um pensamento sistêmico numa empresa. Todo funcionário deve estar consciente das questões ambientais no local de trabalho, do seu desempenho ambiental e do próprio desempenho operacional. Assim, mudar atitudes requer educação e conhecimento, apresentando os meios da mudança perante o manejo adequado do meio ambiente.

A população deve ser informada sobre as possibilidades e consequências relacionadas à exploração mineral. Dessa forma, apesar de pouco difundido, um aspecto importante é a participação dos cidadãos sobre as decisões tomadas a respeito da atividade. Todos devem ter a consciência de que a atividade minerária traz prosperidade, mas também, traz problemas se não for planejada de forma correta. A implantação de uma pedreira deve ser feita mediante um plano de desenvolvimento local e de estudos sobre os possíveis impactos gerados pela atividade. Devem-se seguir as normas reguladoras das leis ambientais e dessa forma, apresentar à população o projeto de restauração do meio ambiente atingido.

5.1 LOCALIZAÇÃO

O presente trabalho tem como base uma pedreira hipotética. Com a finalidade de ilustrar o procedimento de recuperação de uma área atingida pela lavra de uma pedreira, admitiu-se que a região selecionada está situada geograficamente entre as cidades de Lagoa Dourada e Resende Costa, estado de Minas Gerais (Figura 24). Essa região foi escolhida devido a existência de suítes magmáticas e, assim, com uma diversidade de pedreiras ativas e abandonadas para o abastecimento de agregados para a construção civil.

Para chegar a esse local, partindo de Ouro Preto, todo o trajeto é feito por estrada de asfalto, inicialmente pela Estrada Real até Ouro Branco, em seguida em rodovia estadual até o entroncamento com a BR-040, desta em direção para sul na BR-040, bifurcando para oeste e tomando a BR-383 em direção a São João del-Rei. Nesta rodovia, após passar o município de Lagoa Dourada bifurca-se para Oeste na estrada de asfalto que dá acesso a Resende Costa.

Figura 24 - Mapa de localização da região hipotética de estudo do presente trabalho.

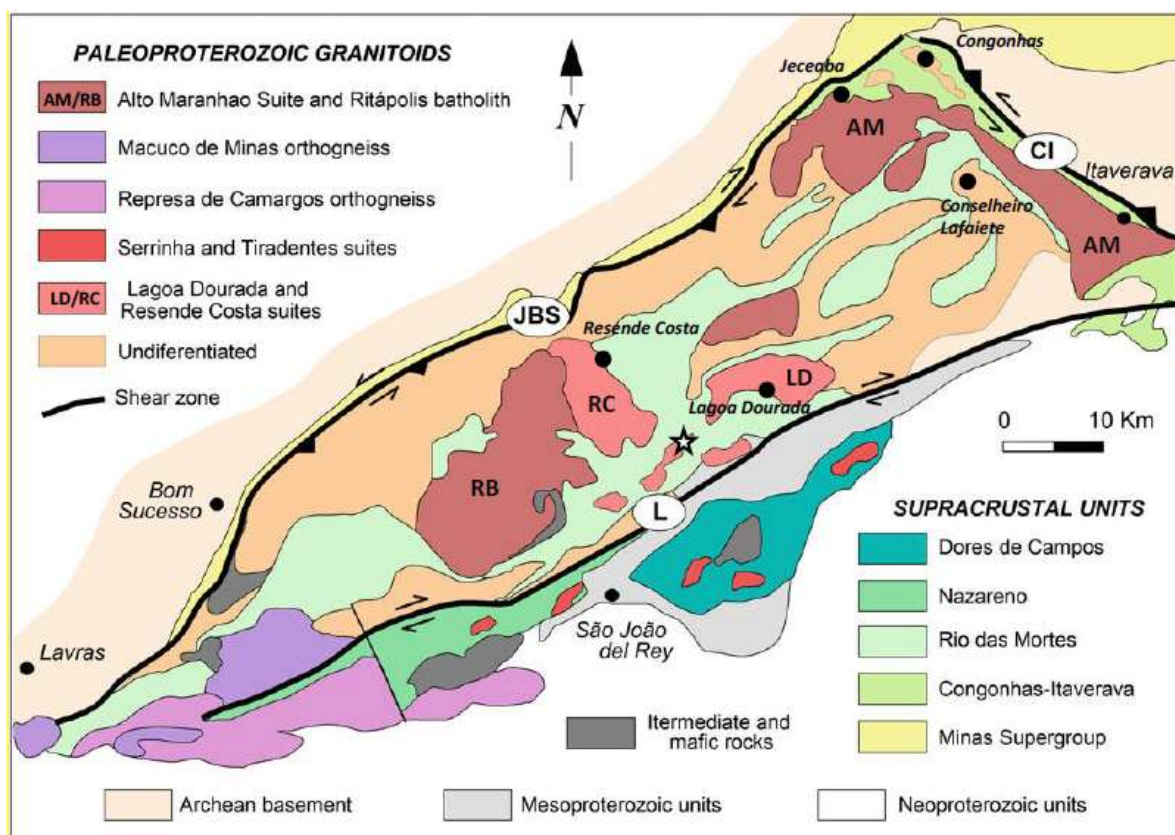


Fonte: adaptada do site funducaodieral, disponível em: (<http://www.funducaosideral.com.br/localizacao.php>)

5.2 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

Sobre a geologia, considerou-se, para efeito de caracterização da área hipotética, que a pedra se encontra entre três suítes magmáticas (Figura 25). Dessa forma, nessa seção serão apresentados os aspectos petrográficos mais importantes dos granitoides do Cinturão Mineiro. As suítes revisadas neste intuito são a suíte Lagoa Dourada (Seixas *et al.*, 2012), a suíte Alto Maranhão (Seixas *et al.*, 2013) e a suíte Resende Costa (Teixeira *et al.*, 2015).

Figura 25 - Mapa geológico simplificado do Cinturão Mineiro, porção sul do Quadrilátero Ferrífero. Notar os municípios de Resende Costa e Lagoa Dourada. Reproduzido de Alkmim *et al.* (2017). Destaque entre os granitoides Paleoproterozoicos para a Suíte Alto Maranhão (AM), o Batólito Ritápolis (RB), a Suíte Resende Costa (RC) e a Suíte Lagoa Dourada (LD). O símbolo da estrela denota o local hipotético da pedra estudada nesse trabalho.



Fonte: adaptado de DAVIN, 2017.

Segundo Seixas *et al* (2012) a suíte Lagoa Dourada (Figura 25) é constituída de biotita ± hornblenda tonalitos a biotita trondhjemitos, contendo como minerais acessórios magnetita, apatita, zircão, allanita e localmente granada. Os tipos litológicos apresentam-se variavelmente foliados, e são cortados por diques aplíticos a pegmatitos, simples ou zonados, concordantes e discordantes.

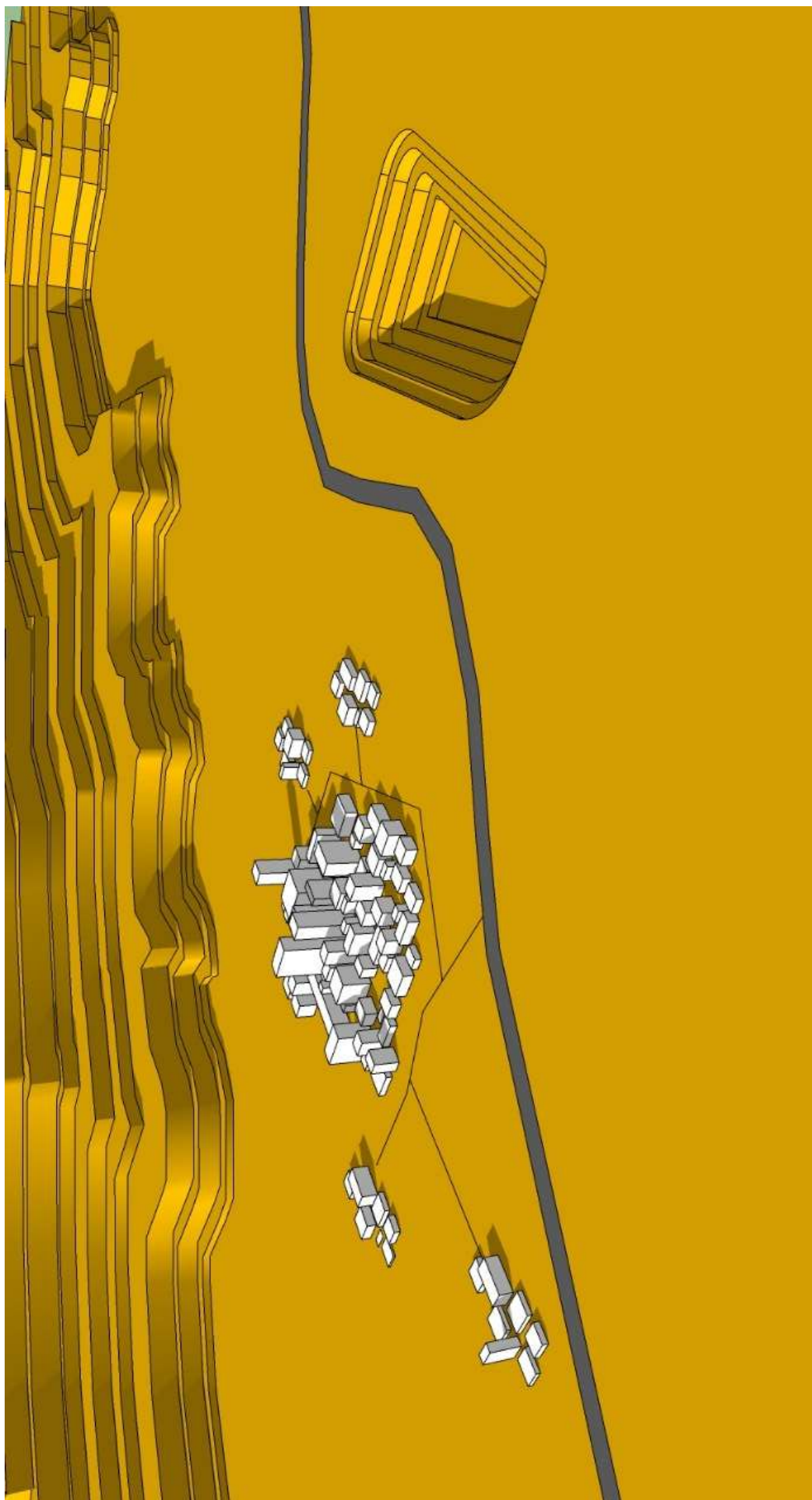
Ainda segundo o mesmo autor a suíte Alto Maranhão (Figura 25) tem sua área de ocorrência no CM imediatamente ao sul do Quadrilátero Ferrífero, estendendo-se desde Itaverava à Leste seguindo-se como um corpo tabular de orientação SE-NW balizado pelo Lineamento Congonhas e espraiando-se ao norte de Conselheiro Lafaiete em um amplo segmento de orientação Leste-Oeste até Jeceaba, à Oeste. Os tipos petrográficos principais da suíte Alto Maranhão consistem de biotita hornblenda tonalitos, aos quais se associam, em abundantes estruturas de mescla de magmas, enclaves magmáticos microgranulares, cuja composição petrográfica varia de diorítica a quartzo-diorítica.

A suíte Resende Costa (Figura 25) foi apresentada conforme trabalho de Teixeira *et al.* (2015), e considerada como evento magmático contemporâneo ao evento da suíte Lagoa Dourada, ou seja, constituindo-se em mais um representante do plutonismo de idade Sideriana no CM. As rochas da suíte Resende Costa são descritas pelos autores como rochas hololeucocráticas, foliadas a gnáissicas, com fácies de granulação média a grossa, equigranulares a seriadas, e também fácies de granulação média a fina. Os minerais magmáticos dominantes são andesina, quartzo e biotita, com os minerais acessórios zircão, apatita, allanita e opacos. Minerais metamórficos e/ou hidrotermais incluem sericita, muscovita, titanita, epidoto/clinozoizita, microclíneo e rara albita. A suíte contém diques de granito, aplito e pegmatito, os quais podem apresentar-se dobrados ou não.

5.3 SIMULAÇÃO DA ÁREA

Esse estudo teve como objetivo simular um cenário hipotético utilizando *softwares* gráficos. A Figura 26 ilustra esse cenário construído com utilização do SkechUp, *software* com função de exibir uma maquete gráfica virtual. Através dessa visualização, foi possível obter conhecimento da região em estudo, bem como propor alternativas que favoreçam a recuperação paisagística e a vegetação do local.

Figura 26 - Representação gráfica da área hipotética de estudo do presente trabalho.



A recuperação das eventuais áreas degradadas pela atividade minerária deve estar incluída no ciclo de vida da exploração através da existência de programas bem definidos de recuperação física e social. Isso, sob a forma mais adequada, estável e produtiva possível para a comunidade.

Embora a indústria mineral seja, por natureza, responsável pela extração de recursos naturais, esta pode ser encarada de uma forma mais sustentável certificando-se que as atividades são cuidadosamente controladas. Hoje em dia, grande parte dos projetos envolve o uso a curto prazo do território e dado o desenvolvimento tecnológico, na maioria dos casos, não há razão para que sejam deixados impactos não mitigados nas zonas de exploração (VICENTE, 2016).

Normalmente, uma mina atinge o ponto de desativação (de fechamento) quando já foi extraído todo o bem mineral ou quando a sua lavra deixa de ser economicamente viável. Assim é preciso mitigar os danos ambientais causados por essa atividade, bem como colocar em análise e colocar em prática possíveis alternativas para a recuperação da área mesmo antes do fechamento da mina.

A forma como o local de uma extração é recuperado depende em grande escala da sua localização. No caso de pedreiras em flanco de encosta, a recuperação faz-se principalmente tendo em conta a sua integração na paisagem, a estabilidade das suas frentes e o controle das correntes das águas das chuvas. Para pedreiras em zonas planas, os pontos principais a ter maior atenção são as possíveis inundações, o controle da água superficial e a gestão do solo e outras coberturas. Em ambos os tipos de pedreira (encosta e em cava), plantam-se normalmente árvores e arbustos em volta dos locais abandonados para completar a integração na paisagem (BRODKOM, 2000).

Se o desenvolvimento sustentável é definido como a integração de considerações sociais, econômicas e ambientais então um projeto de exploração que é desenvolvido e encerrado de forma ambiental e socialmente aceitável pode ser considerado como um contribuinte para esse mesmo desenvolvimento sustentável, sendo fundamental garantir que os benefícios do projeto são empregues de forma a favorecer a região durante um longo período de tempo, mesmo após o término da atividade de extração (VICENTE, 2016). Na Tabela 2 apresentam-se os princípios e alguns objetivos gerais na recuperação de uma pedreira quando se verifica o fim da sua exploração.

Tabela 2 - Princípios e objetivos da recuperação.

Princípios	Objetivos gerais
Proteção da qualidade ambiental, da segurança e saúde pública.	Garantir a estabilidade física da área.
Garantia da recuperação das áreas degradadas, possibilitando um uso compatível com as suas aptidões e restrições, respeitando as exigências locais e regionais.	Atingir o uso preestabelecido na área de responsabilidade direta da empresa.
Alcançar uma situação de pós-encerramento que constitua um legado benéfico e duradouro para a comunidade.	Reduzir possíveis impactos socioeconômicos negativos. Manter o nível de desenvolvimento econômico e social da comunidade.

Fonte: adaptado de Neri & Sánchez *et al.*, 2013.

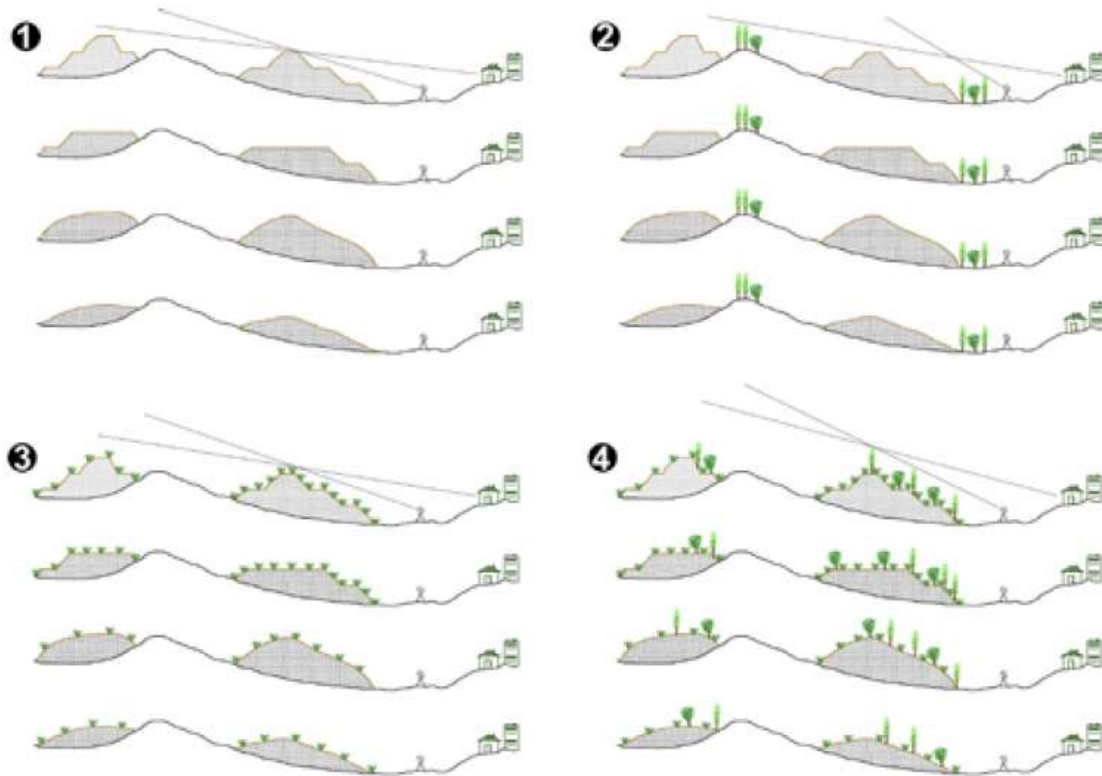
6.1 MEDIDAS MITIGATÓRIAS E COMPENSATÓRIAS

Cobertura Vegetal

Pode-se recorrer à utilização de cortinas visuais como elementos adicionais de ocultação da área afetada. Além disso, o objetivo da revegetação varia desde o simples controle da erosão até a restauração das faunas nativas. As abordagens e protocolos utilizados, portanto, são específicos para cada região, local e uso da terra. O mais comum é que a revegetação vise o desenvolvimento de uma comunidade de plantas que se mantenha indefinidamente sem atenção ou ajuda artificial e favoreça a fauna nativa. Os melhores resultados da revegetação ocorrem quando variáveis ecológicas, tais como, capacidade de estabilizar o solo, a matéria orgânica do solo, os nutrientes disponíveis no solo, e a capacidade de explorar água e nutrientes do subsolo são levadas em consideração ao selecionar as espécies vegetais (SANTOS, 2017)

As dimensões da revegetação devem ser tais que, considerando sua altura e longitude, impeçam ou minimizem a percepção da zona a ocultar (Figura 27). Dependendo de sua localização a geometria dessas cortinas visuais poderá variar consideravelmente. Terá que se considerar no projeto de recuperação diferentes aspectos, tais como, a propriedade dos terrenos, os materiais a empregar, a integração na paisagem, o custo do projeto, dentre outros.

Figura 27 - Impactos visuais em função da posição, forma, localização e tipo de recuperação das encostas. 1-encostas sem recuperação; 2 - encostas com cortina arbórea; 3-encostas com herbáceas e arbustos; 4-encostas com herbáceas, arbustos e árvores.



Fonte: adaptado de CORREIA, 2012.

É importante ressaltar que a escolha das espécies deve levar em consideração as características do meio e também a capacidade colonizadora da espécie naquele local. Assim, o sucesso da revegetação depende desses fatores, mas também da adequada preparação do solo e dos métodos e técnicas de implantação vegetal.

6.2 SIMULAÇÃO PAISAGÍSTICA

A construção de simulações paisagísticas, com o apoio de técnicas de captura, tratamento e representação de dados digitais sobre o ambiente é de forte importância uma vez que pode auxiliar no esboço da restauração natural do local. É de fundamental relevância a questão da tentativa de nortear o olhar do usuário, do ponto de vista de posicionamento no território e de elaboração de produtos de forte apelo de comunicação gráfica.

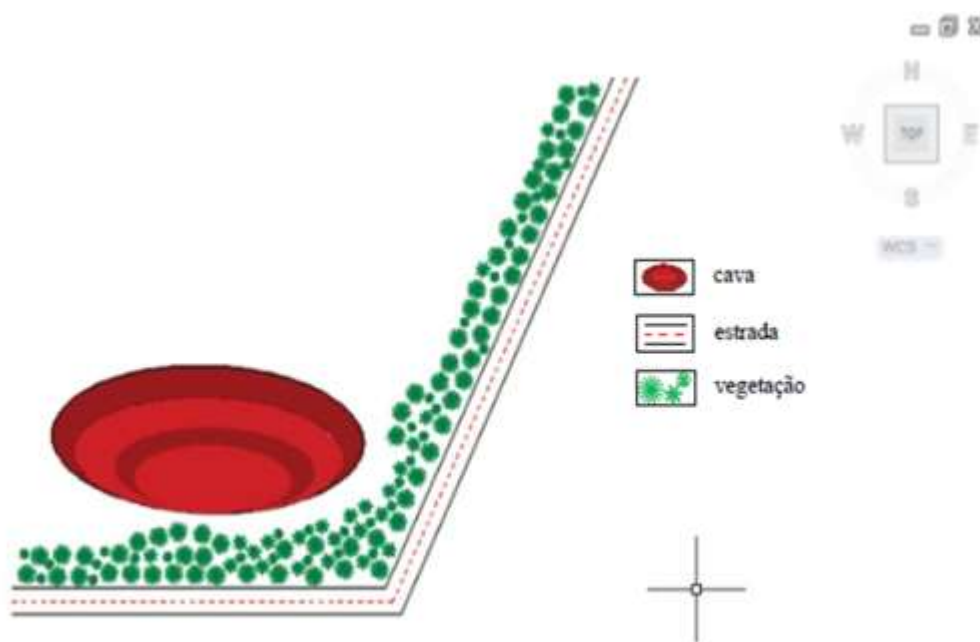
Para o caso de simulação de paisagens afetadas por lavra em pedreira, pode-se fazer uso de recursos gráficos 3D com modelagem de elevação, sendo explorada a composição de texturas, contrastes de cor, dentre outros. Isso para que o usuário possa se sentir imerso no ambiente representado uma simulação mais próximas de seus mapas mentais sobre o território.

Segundo Moura (2003), a simulação das intervenções na paisagem permite que órgãos de controle ambiental ou institutos de proteção ao patrimônio histórico julguem com mais segurança novos projetos. No contexto da simulação paisagística de lavra em pedreiras têm-se a tentativa de demonstrar qual será o resultado de uma intervenção no ambiente. Sendo que, para isso, pode-se utilizar ferramentas como os softwares AutoCAD e SketchUp, exemplificados a seguir:

6.2.1 Simulação Paisagística com AutoCAD

O AutoCAD é utilizado principalmente para a elaboração de peças de desenho técnico em duas dimensões (2D) e para criação de modelos tridimensionais (3D). Possui ferramentas das quais permite um emprego de contraste de cores simulação de profundidade. Como resultado deste trabalho, na Figura 28 é possível observar a simulação de uma cava com cortina de vegetação, utilizando o contraste de cores no AutoCAD (2D) para amenizar o impacto ambiental do observador na estrada.

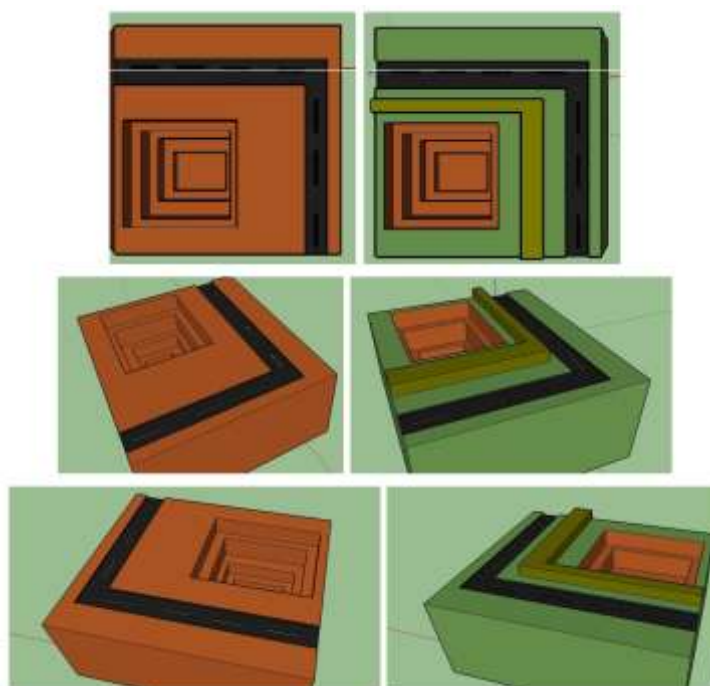
Figura 28 - Simulação de cava com uma cortina de vegetação para amenizar o impacto ambiental do observador na estrada com utilização do AutoCAD.



6.2.2 Simulação Paisagística com SketchUp

O SketchUp é um *software* que permitiu a criação de maquetes em 3D com detalhes e precisão, fazendo com que a apresentação seja mais real, além de facilitar a visualização das etapas do projeto e como ele vai ficar ao final. Essa ferramenta, devido à ampla utilização na simulação de paisagens, pode ser muito utilizada para a simulação de ambientes com presença de lavra em pedreiras. Ainda como resultado deste trabalho, na Figura 29 é possível observar a simulação de uma cava com uma cortina de vegetação para amenizar o impacto ambiental do observador na estrada.

Figura 29 - Simulação de cava com uma cortina de vegetação para amenizar o impacto ambiental do observador na estrada com utilização do SketchUp.



Uma função muito útil do SketchUp é a geolocalização do arquivo. Através desse artifício, pode-se posicionar o projeto exatamente em suas latitudes e longitudes e elaborar estudos de insolação fiéis ao existente (não realizado neste trabalho, por ser mais adequado em projetos arquitetônicos). Além disso, podem-se fazer cálculos referentes ao distanciamento de áreas de visada e, até mesmo, da proporção da área da pedreira que pode ser visualizada a partir de diferentes pontos.

As Figuras 30 e 31 ilustram a simulação paisagística do cenário hipotético proposto nesse trabalho, o qual representa uma região atingida pela mineração em lavra de pedreira. A Figura 30 apresenta a visão panorâmica da cidade localizada próxima de uma cava. Já a Figura 31 apresenta ângulos de visadas simulando um observador em um prédio e também na estrada a caminho da cidade.

Figura 30 - Simulação de cidade com presença de cava na vizinhança com diferentes pontos de visualização da mesma.

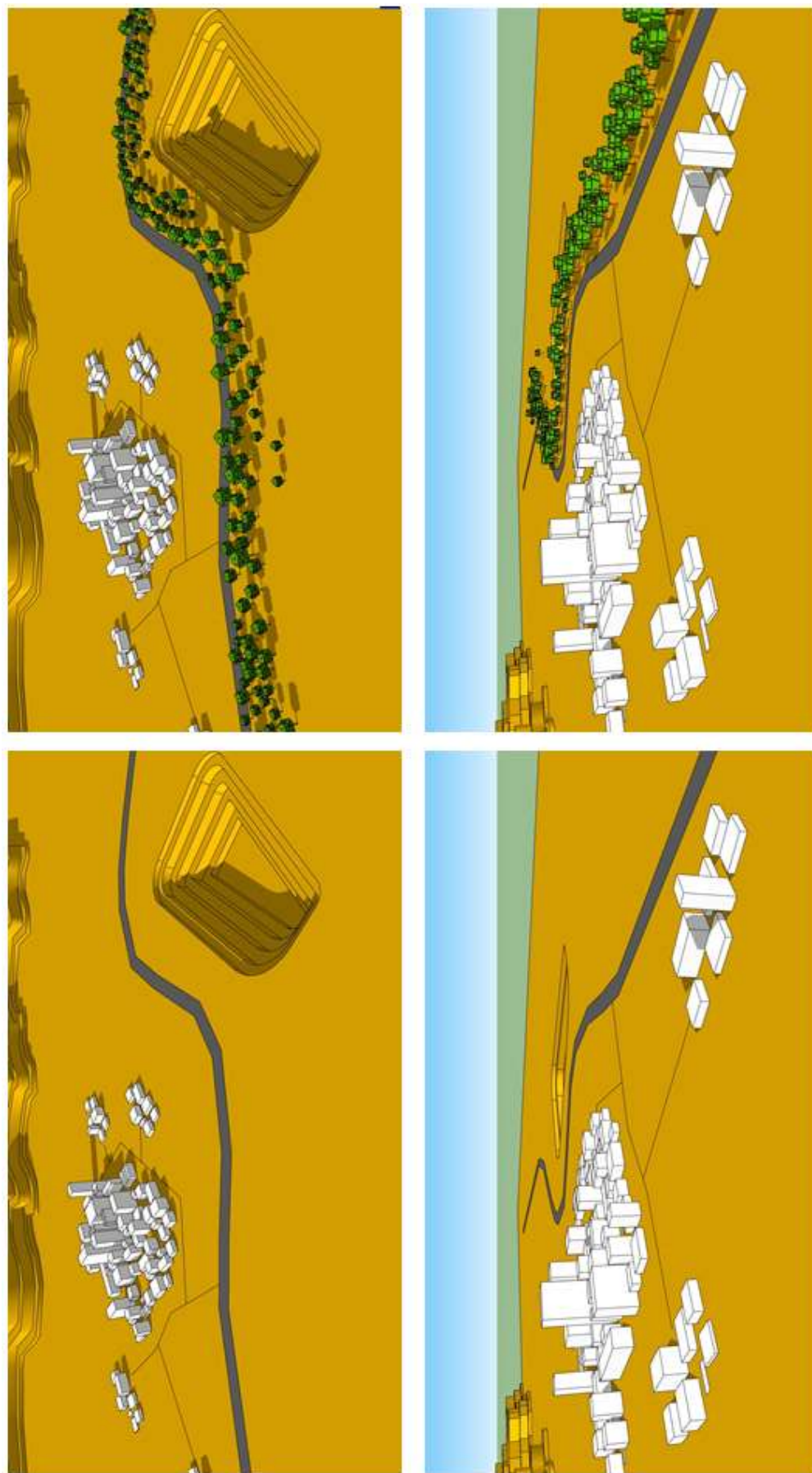
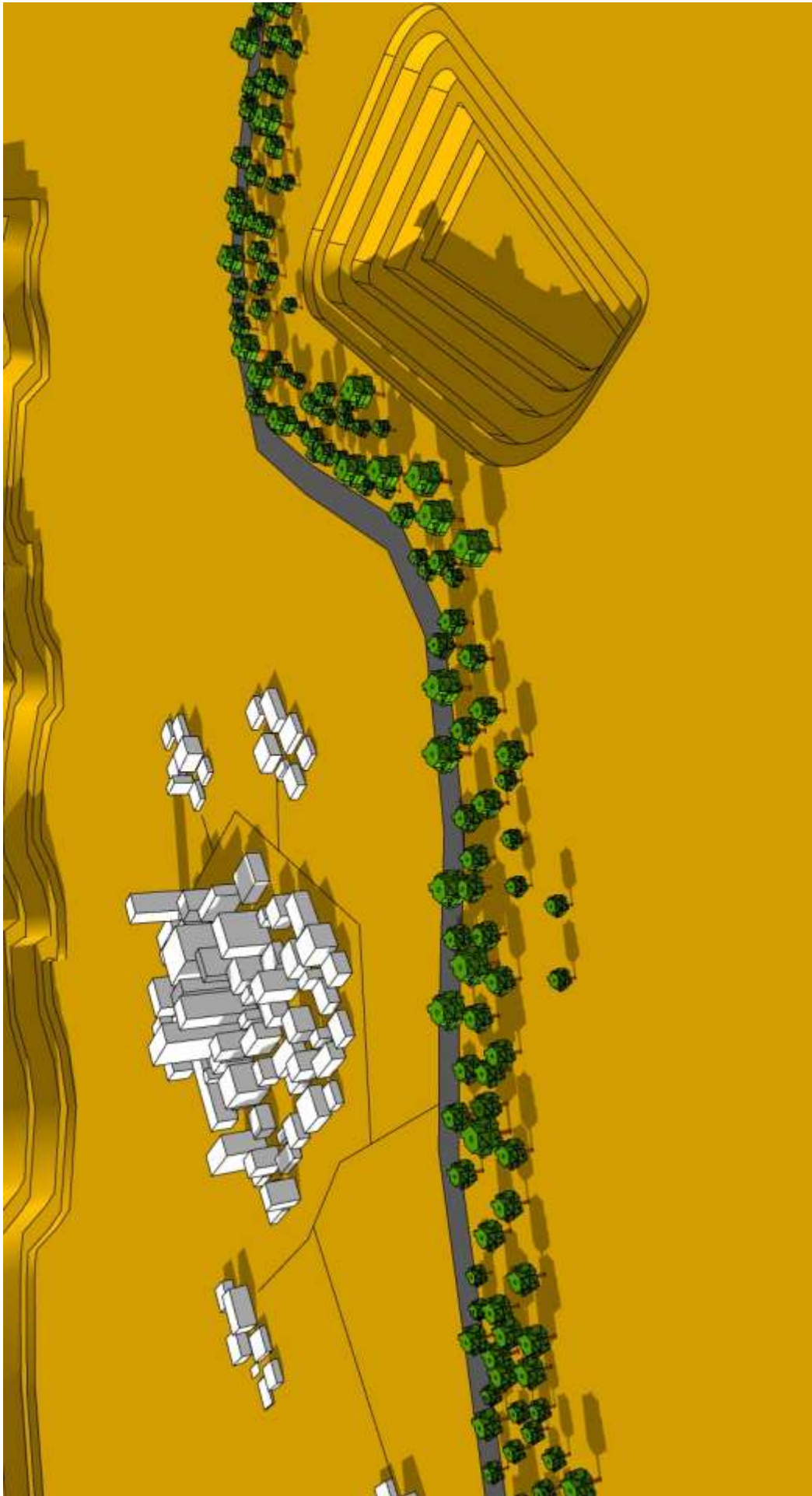


Figura 31 - Simulação de cidade com presença de cava na vizinhança com ângulos de visadas simulando um observador em um prédio e também na estrada a caminho da cidade.



Figura 32 - Representação gráfica final da recuperação da área hipotética de estudo do presente trabalho.



CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES

A atividade mineira representa, em geral, um uso temporário do espaço e, o aproveitamento de um recurso não renovável é limitado no tempo e espaço. Apesar disso, tal atividade pode gerar um grande potencial de desenvolvimento para as cidades, desde que seja feita de forma planejada. Durante o funcionamento da mina, a cidade deve explorar melhor esse potencial, além de procurar tornar a atividade mineira pública, realizando visitas às minas, de maneira que a população local desmistifique o pensamento de ser uma atividade predatória, e sim um bem necessário para o desenvolvimento local.

A recuperação de uma área degradada deve ser planejada levando-se em conta que é necessária a existência de múltiplos saberes, ou seja, conjunto de ações multidisciplinares a serem executadas por diversas áreas do conhecimento, como por exemplo, geologia, hidrologia, ecologia, climatologia, dentre outras.

No trabalho realizado, foi feita a análise de técnicas, como cortina arbórea e/ou enchimento de cavas, para reduzir o efeito da lavra em pedreiras no contexto paisagístico da região, buscando diminuir o efeito negativo relacionado ao impacto visual e a possível reutilização da área atingida pela pedreira.

Os procedimentos para a recuperação ambiental e paisagística foram citados, possibilitando o planejamento das ações que visam à reabilitação da área.

As medidas mitigatórias foram propostas e simulações paisagísticas utilizando ferramentas computacionais foram realizadas para o caso hipotético do trabalho.

É intenção que as informações contidas neste trabalho possam ser utilizadas pelo setor mineral e, também, como ferramenta didático-pedagógica em cursos de graduação de Engenharia de Minas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALKMIM F. F.; TEIXEIRA W. **The Paleoproterozoic Mineiro Belt and the Quadrilátero Ferrífero**. In: Heilbron M., Cordani U. G., Alkmim F. F. (Ed.) São Francisco Craton, Eastern Brazil, Tectonic Genealogy of a Miniature Continent. Springer, Switzerland, pp. 71-94. 2017.
- BACCI, D. C.; LANDIM, P. M. B.; ESTON, S. M. **Aspectos e impactos ambientais de pedreira em área urbana**. Revista Escola de Minas, Ouro Preto, n°1, vol. 59, Jan./Mar. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-44672006000100007&script=sci_arttext> Acesso em: 28/09/2019.
- BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 215p., 2001.
- BASTOS, M. & SILVA, I. A. **Restauração, reabilitação e reconversão na recuperação paisagística de minas e pedreiras**. Encontro do Colégio de Engenharia de Minas, Açores, Portugal, 2005.
- BITAR, O.Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo**, 1997.
- BIZI, E. **Proposta preliminar de uma sistemática auxiliar de tomada de decisões para recuperação de áreas degradadas por pedreiras próximas a centros urbanos**. Vitória, Espírito Santo. Dissertação de Mestrado, UFES, 2011.
- BRODKOM, F. **Good Environmental Practice in the European Extractive Industry**. 2000. Disponível em: <<http://www.ima-europe.eu/content/good-environmental-practice-european-extractive-industry>> Acesso em: 25/10/2019.
- CONAMA - **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986. Lex: Constituição Federal, Coletânea de Legislação de Direito Ambiental, São Paulo, ed.5, ver., ampl. Editora Revista dos Tribunais, 2006.
- CONAMA - **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução n. 009, de 06 de dezembro de 1990. Lex: Constituição Federal, Coletânea de Legislação de Direito Ambiental, São Paulo, ed. 5, ver., ampl. Editora Revista dos Tribunais, 2006.
- CORREIA, V. F. & SOUSA, L. M. O. **Os Granitos de Vila Pouca de Aguiar como fator de desenvolvimento regional - Recuperação ambiental e paisagística de pedreiras**. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Portugal, 2012. <<http://repositorio.utad.pt/handle/10348/3047>> Acesso em: 09/10/2019.
- CURI, A. **Planejamento de Mina e Meio Ambiente**. Apostila Planejamento de Mina e Meio Ambiente. Curso de Engenharia de Minas. Escola de Minas, UFOP, 2005.

DAVIN, A. C. S. **Petrografia e geoquímica de granitoides da Região a oeste de Lagoa Dourada, Cinturão Mineiro, MG - Brasil.** Ouro Preto, Minas Gerais. Trabalho de conclusão de curso – Engenharia Geológica. UFOP, 2017.

DUARTE, M. B.; BARBOSA, F. M. C. P.; FARIA, A. V.; SOARES, B. R. B.; ROLIM, J. M. **Da paisagem à paisagem-lugar: estratégias de sensibilização ambiental em alunos do ensino fundamental a partir do estudo do parque dos mangabeiras - Belo Horizonte.** Uberlândia, Minas Gerais. UFU, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/>>. Acesso em: 09/10/2019

DUDKA, S.; ADRIANO, D.C. **Environmental impacts of metal ore mining and processing: a review.** Journal of Environmental Quality 26: 590-602, 1997.

FIÚZA, A. **Impacte Ambiental Mineiro.** Chile, Centro Latinoamericano para el desarrollo rural, 2009.

GEHLEN, I V. **Exploração de basalto na região das missões do estado do Rio Grande do Sul.** REM: Rev. Edu. Ambiental em Ação, 2008.

GERMANI, D. J. **A Mineração no Brasil. Relatório Final.** Rio de Janeiro, 2002.

HEIKKINEN, P.M. **Sistemas Aquíferos de Portugal Continental: Ançã-Cantanhede.** Mine Closure HandBook. Instituto da Água, International Finance Corporation, 2007.

MODESTO, R. **Impactos causados pela mineração.** webartigos.com. Jun. 2007. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/articles/7774/1/impactos-ambientais-causados-pela-mineracao/pagina1.html>> Acesso em: 09/10/2019.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente.** 1 ed. São Paulo – SP: editora ABES, 1999.

MOURA, A.C.M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano.** Belo Horizonte, Ed. da autora, 2003, 294 p.

MULLER, D. L. **Proposta de Recuperação Ambiental para uma Pedreira.** Passo Fundo, Rio Grande do Sul. Trabalho de conclusão de curso. UPF, 2011

NERI, A.C. & SÁNCHEZ, L.E. **A procedure to evaluate environmental rehabilitation in limestone quarries.** Journal of environmental management, 91(11), pp.2225–37. 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479710001635>> Acesso em: 25/10/2019.

RAGGI, J.; MURTA, M. C.; VALENTE, B. **Recuperação de áreas degradadas (RAD): Casos internacionais e nacionais. Brasil, Geoeconômica Minas LTDA.** Dez. 2017. Disponível em: <www.geoeconomica.com.br>. Acesso em: 09/10/2019.

RESENDE, T. M.; MORAIS, M. F.; PACHECO, P. P. **Exploração mineral na porção norte do município de Ubelândia: O caso de Cruzeiros de eixoto.** 2008. Disponível em: <www.caminhosdegeografia.ig.ufu.br/include/getdoc.php?id=1099&article=554&mode=pdf>. Acesso em: 09/10/2019.

SANTOS, J. A. G. **Recuperação e Reabilitação de Áreas Degradadas pela Mineração**. Bahia. UFRB, 2017.

SEIXAS, L. A. R.; DAVID, J.; STEVENSON, R. **Geochemistry, Nd isotopes and U-Pb geochronology of a 2350 Ma TTG suite, Minas Gerais, Brazil: implications for the crustal evolution of the southern São Francisco craton**. *Precambrian Research* 196–197, 61–80, 2012.

SEIXAS, L. A. R.; BARDINTZEFF, J. M.; STEVENSON, R.; BONIN, B. **Petrology of the high-Mg tonalites and dioritic enclaves of the ca. 2130 Ma Alto Maranhão suite: Evidence for a major juvenile crustal addition event during the Rhyacian orogenesis, Mineiro Belt, southeast Brazil**. *Precambrian Research* 238C, 18–41, 2013.

SILVA, J.P. S. **Impactos ambientais causados por mineração**. *Revista Espaço da Sophia*, nº 08, novembro/2007.

TANG, Y. **Comprehensive rehabilitation planning of deserted pits and the case study in plain area of Beijing, China**. *Landscape and Urban Planning*, 99(2), pp.123–132. 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204610002380>> Acesso em: 25/10/2019.

TEIXEIRA, W.; ÁVILA, C. A.; DUSSIN, I. A.; CORRÊA, N. A. V.; BONGIOLO, E. M.; SANTOS, J.; BARBOSA, N. S. **A juvenile accretion episode (2.35-2.32 Ga) in the Mineiro belt and its role to the Minas accretionary orogeny: zircon U-Pb-Hf and geochemical evidences**. *Precambrian Research* 256, 148-169, 2015.

VALVERDE, F. M. **Agregados para construção civil**. Anepac. DNPM. 1999.

VICENTE, M. I. F. **Recuperação de áreas degradadas por explorações de agregados a céu aberto: proposta de ferramenta de avaliação**. Porto, Portugal: Universidade do Porto. Dissertação de Mestrado, Out. 2016.

VIEIRA, C. **Fechamento de Mina - A evolução das cidades mineradoras**. Artigo apresentado IETEC, 2002.