



A PESQUISA DE DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS NO BRASIL E NO MUNDO
THE TECHNOGENIC DEPOSITS RESEARCH IN BRAZIL AND WORLD

Carlos Augusto Machado
Prof. Dr - Universidade Federal do Tocantins
e-mail: delagnesse@mail.uft.edu.br

Resumo

As alterações significativas do ambiente provocadas pela ação antrópica resultou na discussão acerca de uma terminologia que inclui os seres humanos com agentes geológicos resultando na proposição de um novo período geológico intitulado Tecnógeno ou Quinário. Os Depósitos Tecnogênicos são criados pela acumulação de material de variadas formas e composições resultantes do descarte das atividades humanas, os quais adicionados ao ambiente alteram a dinâmica que criam entraves ao desenvolvimento urbano. O foco deste trabalho consiste na revisão dos estudos envolvendo os Depósitos Tecnogênicos destacando as metodologias de análise, classificações empregadas e principais propostas de solução dos problemas envolvendo esta questão.

Palavras Chave: Ambiente, Depósitos Tecnogênicos e Planejamento.

Abstract

The significant environmental alterations done by anthropic activities results on the discussion about of a terminology that includes human beings as geological agents results on a proposition of a new geological period entitled Technogeneous or Quinary. The Technogeneous Deposits are created by the accumulation of material of varied forms and composition resultant of disposable of human activities, which added on environment change the dynamic creating obstacle to the urban development. The focus of this work consists in a review of studies involving the Technogeneous Deposits highlighting the methodologies of analyses, classifications employed and main proposals of solving problems involving this issue.

Key words: Environment, Technogenic Deposits and Planning.

Introdução

A intensidade da ação antrópica visando a ocupação de terras para a fixação de populações em núcleos urbanos e conseqüentemente para o desenvolvimento de atividades econômicas, principalmente no último século, conduziu a um quadro de degradação ambiental jamais visto antes, em praticamente todas as regiões do planeta. O resultado da utilização inadequada dos recursos ambientais vem provocando o desequilíbrio dos ambientes terrestres e aquáticos, tendo como efeitos negativos, a erosão e degradação dos solos, modificação da dinâmica de erosão, transporte e deposição de sedimentos, alteração de feições geomorfológicas e pedológicas, entre outros problemas decorrentes da ação antropogenética.

O sistema ambiental submetido a perturbações de ordem natural ou antropogênica provoca em seus elementos componentes irregularidades nos processos de transferência de matéria e energia, através dos quais a pesquisa científica pode utilizar-se para detecção e monitoramento destas anomalias para predizer estados futuros ou passados da dinâmica de funcionamento de um conjunto, a citar-se como exemplo, pode-se mensurar as taxas de erosão, transporte e sedimentação em uma bacia hidrográfica resultantes de desmatamento indiscriminado, ou ainda as alterações induzidas nas formas de relevo fluvial por diferenças de débito e descarga da vazão da água. As conseqüências estendem-se por todo sistema, entrelaçadas como elos de uma corrente provocando prejuízos ao ambiente e a economia de uma região.

Em áreas urbanizadas a alteração das formas geomorfológicas e pedológicas em função da transformação do espaço urbano, principalmente pela construção civil e de obras de engenharia produz anomalias na superfície constituindo alterações no ambiente em forma de depósitos de resíduos sólidos, aterros, retificações, escavações causando inúmeros problemas ao ambiente local. Tais alterações realizadas pela atividade antrópica são denominadas depósitos tecnogênicos possuindo em suas estruturas materiais das mais diversas origens da atividade humana que se incorporam e influenciam negativamente nos processos ambientais.

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão das principais pesquisas de depósitos tecnogênicos no Brasil e a nível internacional, de modo a sintetizar os principais avanços da pesquisa do Tecnógeno, sendo os estudos expostos pela ordem cronológica.

O termo depósito tecnogênico é empregado mais amplamente na Geologia e Geografia, sendo o termo Antropossolos, Solos Antrópicos ou Solos Urbanos utilizado pelas ciências agrônomicas. Grande parte das técnicas de estudo é comum as diversas áreas com o uso de descrição morfológica, análise física e química do material, em função da idade recente dos depósitos estudados em Araguaína optou-se pelo termo Tecnogênico, visto que o material ainda não passou por grandes transformações químicas, físicas e biológicas com formação de horizontes pedológicos.

A recuperação de uma área degradada requer em tempo relativamente demorado em alguns casos, como por exemplo, aterros, e dependendo da região afetada e das condições ambientais (solo, clima e vegetação), mesmo com a adoção de práticas de recuperação e conservação, nem sempre ocorre uma recuperação satisfatória, tornando-se imprescindível o planejamento ambiental para o desenvolvimento de atividades econômicas em consonância com a disponibilidade dos recursos ambientais.

Evolução do Conceito e Propostas de Classificação

As primeiras referências sobre a intensidade e magnitude da influência humana sobre os sistemas ambientais que redundaram em profundas modificações de estruturas geológicas e geomorfológicas aparecem a partir do final do século XIX, com destaque para os estudos de Charles Lyell e início do século XX, segundo Rossato e Suertegaray (2010). Dentre estes estudos, o trabalho de Pavlov em 1922 propõe a substituição do termo Quaternário pelo termo Antropógeno denominando a partir dos eventos ocorridos a partir deste período (OLIVEIRA, 2005). No Brasil, Peloggia (1998) destaca o estudo de Moraes Rego, em 1993, intitulado “Classificação das Formações Cenozóicas” por apontar no registro estratigráfico camadas de materiais antrópicas agregadas ao ambiente.

O conceito de Tecnógeno ou Quinário aparece na pesquisa científica a partir da década de 1980 através dos trabalhos de Chemekov (1983) e Ter-Stepanian (1988), em que a ação humana como agente geológico é preponderante ou influente em alguns processos na superfície terrestre, período este iniciado há aproximadamente 10.000 mil anos passados. A sedentarização da sociedade humana e a transformação do ambiente para as suas necessidades aumentaram de forma mais incisiva nos últimos 200 anos pela intensa urbanização na revolução industrial promoveu a retirada, a movimentação e transporte de materiais em grandes quantidades diretamente e indiretamente.

De acordo com Ter-Stepanian (1988), os depósitos tecnogênicos são caracterizados por sua grande variedade, feições diferenciadas, diversidade de composição e grande variação de espessura, os quais caracterizam uma classe genética independente, embora possam ser traçadas analogias com depósitos naturais. Alguns depósitos acumulam grande quantidade de matéria orgânica, geralmente resíduos urbanos e outros de matéria inorgânica como os derivados de resíduos de materiais de construção e restos de mineração.

Dentre as classificações apresentadas para os Depósitos Tecnogênicos, a maioria dos trabalhos no Brasil e no mundo enfoca a classificação proposta por Chemekov (1983) e Fanning e Fanning (1989) e a proposta elaborada por Oliveira (1990), *apud* Peloggia (1998)

A classificação proposta por Chemekov em 1983 destaca onze tipos principais de depósitos, que, na visão de Peloggia (1998, p. 81) são os seguintes:

Depósitos de pilhas aterradas (*dumped*), de aterramento de depressões (*filled*), mistos ou agrotécnicos, aluviação artificial (*washed up*), dragagem (*rewashed*), obras de terra (*construction*), camadas cultivadas (*cultural layers*), deposição em reservatórios (*precipitação*), assoreamento de canais (*linear aggradation*), depósitos naturais com componentes tecnogênicos (*technogenically changed*) e sedimentação natural em reservatórios (*technogenically caused*) (Peloggia, 1998, p. 81).

De acordo com a classificação de Fanning e Fanning (1989), Peloggia (1998) apresenta quatro tipos de depósitos tecnogênicos baseados principalmente em sua composição, sendo:

Materiais “Úrbicos” (inglês, *urbic*) compostos de detritos urbanos (tijolo, pedras, vidros, plásticos, etc.) e materiais terrosos; Materiais “Gárbicos” (inglês, *garbage*) compostos de materiais detriticos com lixo orgânico predominantemente em condições anaeróbias; Materiais Espólicos (inglês,

spoil) materiais terrosos escavados e redepositados em aterros com pouca quantidade de detritos; Materiais Dragados, resultantes de dragagens de cursos d'água (Peloggia, 1998, p. 74).

Para Peloggia (1988), o trabalho de Oliveira (1990) aponta uma simplificação na classificação de depósitos tecnogênicos em função de sua genética, as quais são: construídos (aterros, corpos de rejeitos, etc.); induzidos (assoreamento, aluviões modernos, etc.); modificados (depósitos naturais alterados por efluentes, adubos, etc.).

Apesar de algumas diferenciações ou simplificações as classificações propostas estão baseadas no trabalho de Ter-Stepanian (1988), que descreve os depósitos pela sua composição orgânica, inorgânica, terrígena ou heterogênea.

Os Technosolos são estudados por outras áreas científicas, porém empregando o termo Depósito Tecnogênico na Geologia ou Geografia, sendo os termos Anthropossolos, Solos Urbanos ou Solos Antrópicos utilizados pelas ciências agrônomicas, porém grande parte das técnicas de estudo é comum às diversas áreas com o uso de descrição morfológica, análise física e química do material. Em 2010, a *International Union of Soil Science (IUSS)* (2010) referendou no *World Reference Base for Soil Resources (WRB)* uma divisão dos Technosolos com o enquadramento distinto dos Anthropossolos (Áreas Agrícolas) no qual são ressaltados a modificação das características e propriedades pelo revolvimento e adição de substâncias químicas e os Technosolos (Áreas Urbanas), destacando os tipos de fragmentos e materiais alóctones existente na camada artificial. O IUSS (2010) vem aprimorando a classificação dos solos criados pela ação, os quais tornaram-se uma realidade de grande extensão areal e de significância físico/química de gênese e dinâmica através dos tempos.

Impactos Ambientais de Depósitos Tecnogênicos

As áreas submetidas a intensos processos de urbanização, segundo Gupta (1997), tem seus processos hidrológicos, geomorfológicos e climáticos acelerados nestes espaços urbanos requerendo medições destas interferências como forma de subsidiar o planejamento urbano.

A alteração da geomorfologia e pedologia do sítio urbano com a criação e alteração de novas formas deposicionais como os depósitos tecnogênicos deve ser acompanhada para dar suporte aos projetos de engenharia civil e eventos problemáticos como movimentos de massa, desabamentos de edifícios públicos, entre outros. Dentre os casos analisados, o trabalho de Gupta (1997) apontou em grandes cidades o aumento dos movimentos de massa e fenômenos de subsidência devido à existência de grandes estruturas. Em cidades médias os fenômenos de enchentes e erosão aparecem com mais frequência e em cidades pequenas os processos erosivos atuam mais constantemente.

Os solos urbanos possuem materiais manipulados, perturbados e transportados pelas atividades humanas no ambiente urbano. Dentro deste contexto, as propriedades físicas, químicas e biológicas são geralmente pouco favoráveis para o crescimento adequado das raízes de plantas exóticas ou naturais dentro do ambiente urbano. Diversas características gerais dos solos urbanos são comuns, dentre as quais destacamos: grande variabilidade espacial e vertical, estrutura do solo modificada e com tendência a compactação, presença de crostas superficiais em solos desnudados, reações dos solos elevadas, aeração e drenagem restrita, interrupção nos ciclo de nutrientes, atividade biológica modificada, presença de materiais antrópicos contaminantes e modificação do regime de temperatura do solo (CRAUL, 1999).

Grebenets (2003) chama a atenção para problemas geológicos e geocriológicos em áreas urbanizadas no nordeste do território russo, atentando para os métodos de restauração de fundações de edifícios danificados pela acomodação resultante de depósitos tecnogênicos. A urbanização acelerada do nordeste da Rússia, em função da atividade industrial e mineral nesta província, gerou inúmeros depósitos tecnogênicos com resíduos da atividade mineradora com restos da construção civil.

Devido às baixas temperaturas na região enfocada pelo estudo ocorre a formação de uma camada de gelo no solo, a chamada “permafrost”, que com o aumento das temperaturas e degelo passa a reagir quimicamente com os materiais antrópicos. A dissolução de materiais tecnogênicos e a instabilidade do terreno ocupado por edifícios apresentam posteriormente deformação e comprometimento da estrutura restando somente como alternativa a desocupação pelas populações. Em alguns edifícios foi possível a recuperação com a injeção de cimento na base e a retirada do material mais instável. Os prejuízos resultantes da instabilidade dos depósitos tecnogênicos em edifícios, ruas e pontes resultaram na identificação destes corpos artificiais no ambiente e planejamento com a destinação adequada, a citar-se, o uso para parques e reservas (GREBENETS, 2003).

A atividade humana, visando à adequação das formas geomorfológicas, requer a transformação do ambiente em escala micro, meso e macro com a criação de relevos antropogênicos, os quais, dependendo do tempo e uso do solo, acabam despercebidos pela população em geral tamanha a transformação dos ambientes urbanos com mais de 100 anos de existência, segundo Goudie (2006). As estimativas apontam que a retirada, o acréscimo e a movimentação de material para adequação do ambiente a edificação civil, notadamente o aplainamento de áreas, requerem anualmente 3 bilhões de toneladas/ano. O agente antrópico somado aos agentes naturais acelera os processos de intemperismo, erosão, sedimentação, causando sensíveis impactos aos ecossistemas.

No caso de DT com maior concentração de resíduos oriundos da construção civil, os mesmos estão enquadrados na classe II A – ou seja, não inertes e podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Goudie (2006) destaca os casos de metrópoles como Hong Kong, Dubai e Tokyo que avançam sobre o mar para expandir seu território econômico, através da movimentação de milhares de toneladas de resíduos da construção civil, solos e em alguns casos resíduos sólidos domiciliares nas águas marinhas, causando desequilíbrio nos ecossistemas aquáticos. Os depósitos tecnogênicos situados em orlas marítimas estão sujeitos aos processos de acréscimo e retirada de material pela ação das ondas e em alguns casos são comuns às situações de subsidência nestas áreas devido à acomodação do material em virtude da água no subsolo.

Os materiais alocados em Depósitos Tecnogênicos são fontes de desastres ambientais em inúmeras cidades do mundo. Em função deste fato, Rogachevskaya (2006) discute como cada ambiente reage à incorporação, mobilização e afirma que a retirada destes materiais no meio urbano pode imprimir acidentes em contexto local, regional e global, segundo sua composição e extensão. Dentre os impactos ambientais cita-se a influência de construções de grande porte com grande incorporação de material alheio ao ambiente local, que acaba causando subsidências, colapsos e movimentos de massa.

As interferências antrópicas na formação e evolução dos ambientes influenciam fortemente processos geológicos e biológicos, os quais encontram-se em equilíbrio dinâmico através do tempo. Os danos causados aos elementos e processos ambientais podem ter efeitos de curto, médio e longo prazo, principalmente no caso de

incorporação de materiais naturais e antrópicos em áreas de maior sensibilidade ambiental. As instabilidades causadas ao ambiente podem refletir na qualidade de vida e em aspectos sócio-econômicos de uma determinada população, como afirma Rogachevskaya (2006).

Lehmann e Stahr (2007), revisando os estudos relativos à alteração da camada pedológica, apontam que a primeira referência de solos urbanos está relacionada ao estudo de Ferdinand Senft, de 1847, e o primeiro mapeamento dos solos urbanos aconteceu em 1951, determinando as principais características destes corpos artificiais adicionados ao ambiente. Os autores citados apontam que nem todos os solos urbanos foram prejudicados pela adição de substâncias, como por exemplo, solos com incorporação de matéria orgânica demonstraram boa capacidade de absorção de água e fertilidade para agricultura urbana.

Em relação às áreas urbanizadas mais antigas, Lehmann e Stahr (2007, p. 251) destacam que:

Hacilar, Turkey is the oldest urban region in the world still in existence, originating 7,500 years BC and demonstrating signs of recognizable urbanization 5,000 years BC (Benevelo1980). Urbanization in the Near East started more than 2,500 years ago most notably in Jericho (Palestine) and cities along the Nile, Indus, Euphrates and Tigris. Similarly, urbanization in Mediterranean Europe attributable to the Mycenaeans and Romans dates back to more than 2,000 years BC, for example Athena, Sparta and Rome, but a only few cities in Middle Europe, such as Trier and Cologne, are significantly older than 1,000 years.

O entendimento da evolução dos solos urbanos é importante para o planejamento do uso da terra, pois a enorme variedade de materiais que compõem estes corpos pode auxiliar na definição da função adequada a cada área, como por exemplo: criação de áreas verdes, agricultura urbana, infiltração das águas pluviais, entre outras. Na maior parte dos casos é impossível a retirada do material acrescido ao solo natural, em função deste fato é fundamental entender as características e a dinâmica dos processos pedológicos segundo Lehmann e Stahr (2007).

A adequação e criação de novas formas topográficas para a expansão do uso do solo na cidade de Budapeste (Hungria) segundo Csima (2010) acelerou os trabalhos de engenharia civil em micro formas para edificação doméstica no centro urbano e macro formas para grandes assentamentos humanos em área de várzeas na periferia desta cidade. Apesar do desenvolvimento tecnológico da engenharia civil em vencer os obstáculos topográficos, os custos em alguns casos excedem os possíveis valores de venda de lotes urbanos tornando as operações inviáveis do ponto de vista econômico. Somente com a agregação de valor em função da beleza paisagística em áreas de relevo inclinado como serras, lagos e depressões seria possível validar as operações de criações de formas antrópicas de relevo.

De acordo com Csima (2010), os DT podem ser enquadrados em micro, quando estes possuem o tamanho de um lote residencial, portanto mais fáceis de recuperação e macro, quando o solo e o relevo são alterados para grandes empreendimentos civis ou criação de áreas receptoras de resíduos urbanos.

Csima (2010) destaca categorias de inclinação de relevo em diversas áreas da cidade de Budapeste que podem ampliar os gastos e as dificuldades de engenharia que direcionam as possíveis áreas de assentamento urbano visando ainda à diminuição dos gastos públicos com infraestruturas adicionais, evitando problemas futuros com subsídências, movimentos de massa, entre outros. Os depósitos tecnogênicos criados em função do deslocamento de enormes quantidades de material (solo) apresentam

problemas de infiltração das águas pluviais devido à compactação e principalmente subsidência e acomodação em áreas onde ocorreu o aplainamento do local com materiais diversos (solo e resíduos da construção civil).

Meuser (2010) em um amplo trabalho sobre os solos antropogênicos discute os problemas decorrentes de cada tipo de material depositado em áreas urbanas e rurais, em especial detalhando através de análises químicas para detectar nos diferentes horizontes artificiais os tipos e os efeitos dos elementos tóxicos presentes. Em algumas cidades, os solos antropogênicos apresentaram uma diversidade de materiais (lixo, restos industriais, restos de mineração, restos de construção, entre outros) que formam um intrincado mosaico de situações e problemáticas ambientais de difícil solução.

As cidades européias enfocadas por Meuser (2010) devido à idade de fundação, variando em torno de 500 anos a 1000 anos, acumularam em sua camada pedológica as enormes quantidades de material, principalmente aquelas que sofreram destruição total na primeira e segunda guerra mundial, nas quais os restos dos edifícios destruídos somados aos materiais explosivos das bombas detonadas incorporaram-se ao solo formando faixas extensas de solos antropogênicos. Outra situação extremamente preocupante em algumas cidades alemãs diz respeito a extensas camadas de rejeitos de mineração sobre as quais as cidades direcionaram seu crescimento, apresentando sensíveis problemas ambientais e a qualidade de vida das pessoas residentes em função das análises realizadas que indicam altos níveis de contaminação do solo e da água.

Segundo Meuser (2010) o maior problema dos solos antropogênicos estudados nas cidades européias reside na distinção de camadas de materiais antrópicos e naturais. A representação do recorte temporal e espacial de cada tipo de rejeito depositado em função da atividade predominante naquele período requer o uso de ferramentas múltiplas de estudo e tratamento da solução a ser empregada em cada caso.

Em trabalho pioneiro Oliveira e Queiroz Neto (1993) iniciaram estudos sistemáticos de identificação e caracterização de depósitos tecnogênicos por erosão acelerada em áreas rurais próximas a núcleos urbanos no Planalto Ocidental Paulista. O efeito devastador da erosão nos solos paulistas originados pelo desmatamento e a ausência de práticas conservacionistas gerou o deslocamento de quantidades de sedimentos para a calha dos rios produzindo desequilíbrio nos processos fluviais, tais como: migração do canal, assoreamento, entulhamento dos fundos de vales, entre outros.

A caracterização dos depósitos tecnogênicos seguiu a metodologia empregada na descrição morfológica e análise física correntes na área pedológica e Oliveira e Queiroz Neto (1993) reconhecem nas áreas de deposição estudadas que os depósitos tecnogênicos formam dois pacotes sedimentares distintos, o primeiro na base com sedimentos e matéria orgânica característicos de ambientes de deposição fluvial, estruturados e mal drenados e o segundo nitidamente sob influência antrópica apresentando grandes camadas deposicionais recentes e com material humana (fragmentos de tijolos, plásticos, madeiras, entre outros). O estudo aponta a necessidade de aprofundamento da questão dos depósitos no tocante ao Quaternário Paulista buscando entender a formação e dinâmica destes corpos artificiais na evolução da paisagem.

Partindo de estudos realizados pelo Departamento de Água e Esgotos (DAEE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo (IPT) sobre a erosão acelerada no Planalto Ocidental Paulista, Oliveira (1994) detectou que os depósitos sedimentares estavam sendo analisados sobre diferentes terminologias, tais como: solo superficial, aluvião recente, alúvio-colúvio ou aluvião-estratificado sem estar ligados a

uma perspectiva tecnogênica. A partir desta premissa desenvolveu-se um estudo que demonstrasse o significado destes depósitos tecnogênicos na compreensão do assoreamento dos reservatórios.

Para o entendimento global da questão, Oliveira (1994) selecionou sub-bacias para identificação e análise dos depósitos tecnogênicos existentes e sua correlação com os depósitos existentes no reservatório da Usina Hidrelétrica de Capivara no rio Paranapanema. Os depósitos existentes nas sub-bacias apresentaram fases de agradação com o desmatamento e uso intensivo do solo sem práticas conservacionistas e posterior estabilização do material quando as vertentes encontravam-se com vegetação mais densa e com práticas conservacionistas que diminuía o impacto das águas pluviais. Além do estudo dos depósitos nos afluentes, os depósitos formados no reservatório junto às desembocaduras dos rios nos períodos de estiagem apresentaram dois tipos principais: argilosos predominando nas áreas de basaltos e arenosos nas áreas areníticas. As análises apontaram que a relação entre o uso do solo e a criação e expansão de depósitos tecnogênicos está ligada as fases econômicas agrícolas mais intensivas na região estudada.

De acordo com Oliveira (1994) os materiais tecnogênicos não se formam somente no encontro dos cursos d'água com o reservatório, e ainda:

Os depósitos expressivos avançam para o reservatório, mas também para montante do remanso, devido à propagação remontante da atenuação da velocidade das águas. Este processo de desenvolvimento do depósito provoca o aumento progressivo da extensão de áreas marginais submetidas à enchente. Além disto, o extravasamento do canal fluvial incrementa a erosão das margens, realimentando o processo (Oliveira, 1994, p. 63).

A urbanização acelerada verificada no Brasil a partir de 1970 segundo Coltrinari (1996) produziu drásticas mudanças no uso e ocupação do solo urbano nas principais metrópoles. A inexistência de planejamento urbano e a velocidade das transformações de feições geomorfológicas, pedológicas e conseqüentemente da dinâmica fluvial impuseram uma nova dinâmica a estes processos. O incremento de novos tipos de materiais a superfície urbana, tais como: disposição de resíduos sólidos e descarte de materiais da construção civil, contribuíram inevitavelmente para o surgimento ou amplificação dos problemas ambientais, notadamente alagamentos, enchentes, movimentos de massa, entre outros.

Coltrinari (1996) destaca que a importância da formação de feições antropogênicas na superfície terrestre representa um novo campo de estudos geológicos e geográficos enquadrados nos estudos do quaternário. Tais feições resultam na alteração da dinâmica ambiental, tanto em áreas urbanas como rurais, devendo ser estudados com base em uma metodologia adequada a cada situação existente, que resulte no entendimento da variação no tempo, espaço e magnitude destes novos processos ambientais sob influência humana.

A atividade humana sobre a superfície terrestre nos últimos 8.000 anos, principalmente com o advento da agricultura e o desenvolvimento de núcleos urbanos, cresceu de tal magnitude ao ponto da interferência provocar a formação de estruturas pedológicas e geomorfológicas resultando em taxas superiores a de processos naturais segundo Peloggia (1998).

A intensa urbanização verificada nas metrópoles e cidades médias resultou na gênese de áreas de descarte e acumulação de materiais humanos, os quais são chamados de depósitos tecnogênicos representando inúmeros problemas ambientais, sociais e

econômicos constituindo entraves na expansão do uso do solo urbano, gerando desvalorização econômica destas áreas. No caso específico tratado por Peloggia (1998) correlaciona-se a identificação e composição dos depósitos de origem antrópica com os problemas ambientais da grande metrópole paulista, mais especificamente, eventos de deslizamentos, enchentes e assoreamento dos canais fluviais, bem como a discussão das medidas preventivas e corretivas destas questões.

O trabalho de Peloggia (1998) enfoca ainda as características dos depósitos tecnogênicos aplicados à prevenção de movimentos de massa, os quais apresentam inúmeros problemas para a qualidade de vida e a edificação na cidade de São Paulo, visto que grandes áreas povoadas estão em situação de risco devido à movimentação de depósitos tecnogênicos em vertentes inclinadas. Outra situação enfocada envolvendo depósitos diz respeito à ocupação várzeas, mais especificamente com aterramentos ora compostos por materiais dragados ou realocados e infelizmente com grande quantidade de lixo urbano representando perigos a população local.

Pedron et al (2004) focaliza em seu trabalho uma ampla revisão bibliográfica sobre o tema dos solos urbanos, destacando o uso geral no meio agrônomico dos termos “solos urbanos” e “solos antrópicos”, sendo o primeiro corretamente designado para os solos modificados e criados pelas atividades humanas acrescida de materiais diversos e o segundo empregado para aqueles solos modificados pelo uso intenso e continuado da atividade agrícola, como solução aponta-se a criação da ordem dos Antropossolos e suas respectivas subdivisões.

Outra vertente discutida no trabalho diz respeito às funções do solo no ambiente urbano, entre as quais cita-se: suporte e fonte de materiais para obras civis, sustento da agricultura urbana, suburbana e de áreas verdes, meio para descarte dos resíduos, armazenamento e filtragem das águas pluviais. Em todos os aspectos anteriormente destacados verifica-se a necessidade de levantamento e reconhecimento das características dos solos urbanos para cada atividade em função da destinação a que área estará sujeita. No processo de urbanização planejado o uso dos solos urbanos deve respeitar suas potencialidades, limitações e fragilidades (PEDRON et al, 2004).

Os depósitos tecnogênicos enfocados no estudo de Lisbôa (2004) apresentam os problemas resultantes da alteração da linha de costa da ilha de Florianópolis por meio de enormes aterros construídos para a construção de vias de transporte e ampliação de áreas para a expansão imobiliária. Por meio da identificação das mudanças morfológicas de natureza tecnogênica ocorridas na linha de costa, o estudo procurou analisar a representatividade dessas alterações relacionadas às políticas públicas de expansão urbana na época de construção destes aterros.

Os aterros realizados na ilha de Florianópolis demoraram a ser ocupados pela população local em função da desconfiança quanto à segurança do local, fato este somente revertido com a instalação de órgãos públicos, obras e vias viabilizadas pelos governos municipais e estaduais. No processo de implantação e formação destes DT inúmeras variáveis ambientais foram desconsideradas, bem como as exigências da legislação ambiental foram abrandadas para execução das obras (LISBÔA, 2004).

De acordo com Machado (2004) os impactos ambientais resultantes da rápida expansão da malha urbana da cidade de Araguaína assemelham-se a outras cidades acima de 100.000 habitantes no Brasil. Nesta cidade especificamente destacam-se o descarte dos resíduos sólidos resultantes da construção civil, os quais são depositados em ravinas, voçorocas ou em ruas sem pavimentação para compactação no leito, em certos casos até pelas equipes de restauração do pavimento da administração local. Além deste fator observa-se que o escoamento pluvial, principalmente concentrado nos

meses de janeiro e fevereiro, arrasta quantidades significativas de resíduos sólidos para o vale dos rios, aumentando sensivelmente a acumulação de materiais no leito e nas pequenas planícies de sedimentação constituindo o que se chama de depósitos tecnogênicos induzidos.

A inexistência de um projeto de planejamento urbano ou ambiental da cidade de Araguaína condiciona atitudes que visam soluções rápidas ou imediatistas sem nenhum efeito duradouro na solução de problemas ambientais. Frequentemente, os depósitos tecnogênicos das mais variadas origens provocam inúmeros problemas para o desenvolvimento urbano, pois em alguns casos, os depósitos tecnogênicos mais antigos são encobertos pela vegetação e por uma fina camada de sedimentos sobre os quais são erguidas moradias que com o passar do tempo acabam por apresentar rachaduras ou mesmo desabar, principalmente em vertentes inclinadas próximas aos fundos de vale (MACHADO e OLIVEIRA, 2005).

Oliveira et al (2005) realizam uma síntese da atividade humana como agente geológico nos últimos 10.000 anos, enfatizando o período dos últimos 200 anos com a implementação da Revolução Industrial, a qual acelerou velocidade de transformação da superfície terrestre em níveis nunca vistos. O trabalho realiza uma breve revisão dos estudos que destacam a ação antrópica destacando autores como Ter-Stepanian com o termo Tecnógeno, Pavlov e Gerasimov com o termo Antropógeno, além dos estudos sobre o Tecnógeno no Brasil mais difundidos nas regiões sul e sudeste.

Com o reconhecimento do impacto global da atividade humana, inúmeros pesquisadores desenvolveram ferramentas para o entendimento da realidade, como por exemplo, a análise de riscos geológicos urbanos e transformação e recuperação de áreas degradadas em ambientes altamente dinâmicos como o urbano e a dificuldade de trabalhar no âmbito político.

No ambiente urbano, o monitoramento visando a previsão de problemas resultantes da alteração do espaço por meio de geoindicadores que demonstram a magnitude, frequências, taxas e tendências do comportamento do ambiente é dos métodos discutidos por Oliveira et al (2005) visando a prevenção e recuperação de uma área degradada em curtos períodos (< 100 anos) da atividade humana.

De acordo com Gomes et al (2006) as intervenções humanas além de alterar e influenciar a dinâmica de inúmeros processos ambientais pode resultar na formação de solos antropogênicos, os quais se constituem em corpos individualizados em uma determinada área. A maior parte dos Antropossolos analisados no estudo era constituída por materiais de construção civil e de resíduos sólidos conhecidos como lixões, na maior parte abandonados, que com o passar do tempo formavam distintos horizontes apresentando maior ou menor compactação, menor estabilidade, identificada como áreas impróprias a edificações humanas.

A caracterização, análise e proposição de medidas de uso ou mitigação de problemas com depósitos tecnogênicos, em especial compostos de materiais tóxicos são essenciais para elaboração de projetos visando o planejamento urbano, visto que, tais depósitos encontram-se na maior parte dos casos em áreas urbanas densamente povoadas gerando transtornos a população de acordo com Gomes et al (2006).

Silva e Nunes (2009) em função do reconhecimento da intensa atividade geomorfológica humana visando a urbanização na cidade de Presidente Prudente, oeste do estado de São Paulo desenvolveram uma análise visando a identificação e caracterização dos depósitos tecnogênicos em planícies fluviais, com vistas a proposição de medidas de recuperação da área impactada. Em complemento a identificação e localização foram retiradas amostras do material para posterior análise

em laboratório para determinação das quantidades e diferenças na composição. Os resultados obtidos nos diferentes horizontes investigados apontaram uma predominância de textura média na maior parte do material aos quais foram correlacionados efeitos como a diminuição do escoamento superficial, contaminação das águas e aceleração de processos erosivos.

Metodologias de Estudo de Depósitos Tecnogênicos

Osterkamp (1996) enfoca em seu trabalho o uso de geoindicadores para o monitoramento de processos fluviais e de áreas adjacentes nos trópicos úmidos, mais especificamente direcionados aos estudos da variação dos volumes de água e transporte de sedimentos, bem como o acompanhamento da variação climática dos locais estudados. A alteração na dinâmica das formas naturais e de depósitos de sedimentos constitui-se como a base da observação e monitoramento para elaboração de modelos de prevenção de eventos catastróficos, mais especificamente controle de enchentes e deslizamentos.

Com as intervenções humanas em escala local, regional e global, os processos fluviais e em específico a sedimentação tem sido alterada drasticamente, tanto no volume, tipo de sedimentos, como de materiais antrópicos de diversas granulometrias. Os depósitos sedimentares fluviais pretéritos e atuais podem fornecer parâmetros e informações sobre o desequilíbrio e possibilidade de degradação e incorporação destes materiais humanos aos processos ambientais específicos de cada local (OSTERKAMP, 1996).

Segundo Berger (1997) os Depósitos Tecnogênicos podem ser analisados e monitorados por um sistema de geoindicadores, tais como: análise da deposição sedimentar, alteração nos padrões fluviais de drenagem, fluxo hídrico, entre outros. O uso de geoindicadores pode demonstrar o comportamento do material e os problemas ambientais nestas áreas. Através do monitoramento adequado de ambientes artificiais pode-se evidenciar as melhores alternativas para minimização dos impactos gerados, que devido a sua complexidade necessita de uma abordagem holística para o entendimento do problema.

Entender a dinâmica ambiental em escala local, regional ou global ocorridas no último século é fundamental para distinguir mais claramente entre processos naturais, processos sob forte influência antrópica e a potencial magnitude das mudanças induzidas em um ambiente e estabelecer possíveis paralelos futuros com outras áreas afetadas para responder de forma mais adequada com ações para reverter o quadro em questão.

Os geoindicadores baseiam-se principalmente em medições atestando magnitudes, frequências, índices e tendências de processos ambientais ocorridos em um período indicado inferior a 100 anos, ou seja, concomitante a ação mais intensa da atividade humana recente. Os geoindicadores podem oferecer parâmetros de avaliação para prever se processos ambientais estão em fase de estabilização ou aceleração essencial para a tomada de decisões de acordo com Berger (1997).

As atividades humanas em ambientes urbanos causam inúmeros impactos no solo que se distribuem no espaço e no tempo, deste modo Efland e Poyuat (1997) discutem a gênese, classificação e mapeamento dos solos em áreas urbanas para a compreensão dos processos ambientais. A dificuldade do estudo de solos urbanos reside na variedade de materiais dispostos em camadas, tendo cada um sofrido alterações diferenciadas e deste modo o perfil do solo como um todo não apresenta o mesmo

estágio de transformação. A enorme variabilidade espacial dos solos urbanos implica na confecção de mapas detalhados de cada classe específica de modo a proporcionar uma melhor compreensão de cada área e suas possibilidades de uso e recuperação. As Influências humanas nos solos podem ser muito complexas com a ocorrência de muitas alterações entre processos naturais e antropogênicos dificultando o entendimento da questão.

Os sistemas fluviais analisados por Osterkamp (2002) apontaram o incremento rápido de materiais em áreas de deposição variando de acordo com a diminuição e recuperação da cobertura vegetal em áreas antropizadas, de acordo com os ciclos econômicos, distinguido da composição do material depositado anterior a ocupação humana. Ressalta-se que em grandes sistemas fluviais a composição do material depositado dependerá da área alterada que fornece o material, resultando na estruturação de camadas diferenciadas do material. Algumas áreas demonstraram uma situação de certa estabilidade após os períodos de intensa interferência com aporte significativo dos sedimentos e sendo possível a avaliação por meio de imagens de satélite.

Visando destacar a influência dos solos urbanos no planejamento e expansão das cidades da Europa, o estudo de Norra e Stüben (2003) evidencia os principais problemas técnicos (enorme variedade de solos urbanos) e teóricos (inexistência de classificação pedológica) para as equipes de planejamento. Tal fato decorre da importância do uso máximo do solo urbano para a construção e os impactos decorrentes propiciados pela variedade de tratamento para cada composição específica dos materiais contidos nos solos artificiais. Os autores apontam um direcionamento para a pesquisa futura nessa área, a qual deve enquadrar a regionalização das propriedades dos solos em áreas urbanas, investigação da distribuição de padrões e balanços do deslocamento de elementos, entendimento da gênese e dinâmica destes corpos artificiais e evolução dos solos no contexto urbano.

Tendo como meta conduzir um inventário, incluindo identificação e proteção para áreas habitadas, o New York City Soil Survey Staff (NYCSSS) (2005) elaborou um guia com um levantamento detalhado dos solos urbanos da cidade de New York, visando a sustentabilidade local para o desenvolvimento, remediação, restauração para as possíveis atividades e usos do meio urbano. Tal medida visa facilitar o entendimento da complexa paisagem local, incluindo terrenos cristalinos, rochas sedimentares com intrusões magmáticas, sedimentos de planície costal e depósitos glaciais sobre os quais a urbanização desta cidade se edificou.

Os solos urbanos realizam funções essenciais no ecossistema urbano e o entendimento dos efeitos dos distúrbios antropogênicos no ambiente natural é essencial para o planejamento urbano. Além do levantamento detalhado dos tipos de solos procedeu-se a organização das informações em diferentes escalas de mapeamento para facilitar a ação de cientistas, planejadores e empreendedores. O estudo do New York City Soil Survey Staff (2005) proporcionou um guia com informações detalhadas dos solos de 370 locais da cidade de New York, determinando formas de relevo, material de origem, drenagem, permeabilidade, textura, tipos de fragmentos identificados e o pH.

O estudo da evolução natural do ambiente correlacionada com atividade antropogênica nos últimos 100 anos na região da cidade de Colônia na Alemanha serviu como base para o desenvolvimento de ferramentas digitais em um sistema de informações geográficas para o planejamento urbano. Neber et al (2006) apontam a dificuldade de entendimento da dinâmica de áreas antropizadas, nas quais os processos ambientais ocorrem com uma maior taxa de flutuação do que em ambientes naturais,

resultando em uma adequação constante de dados e informações em áreas urbanizadas. Como resultados do estudo foram gerados cenários em modelagem 3D para projetos de planejamento e revitalização de áreas degradadas, principalmente com contaminação de solos, visando direcionar melhor as ações com base em análise para as decisões técnicas e políticas da região estudada.

A importância da integração das equipes de planejadores urbanos sociais, econômicos e profissionais em geociências é essencial para administrações públicas obterem maiores sucessos na planificação da expansão dos ambientes urbanos segundo Marker (2006). A construção, manutenção e descarte de materiais em locais adequados é essencial para o gerenciamento urbano, mas em grande parte dos casos, as cidades mais antigas desenvolveram-se sobre áreas que sofreram grande incremento de inúmeros tipos de resíduos, os quais se incorporaram ao ambiente local, sendo de difícil retirada, tratamento ou mesmo destinar outro uso.

Os impactos resultantes da criação de Depósitos Tecnogênicos de diversas atividades são descritos e analisados por Marker (2006) segundo o processo histórico de sua criação pelas diversas atividades antrópicas urbanas, a citar as áreas industriais, portuárias, mineradoras, comerciais, de modo a propiciar uma visão específica de como ocorre cada processo local.

Marker (2006) destaca que para o gerenciamento do ambiente urbano variáveis como o planejamento do solo urbano, regulamentação de construção, regulamentações ambientais e gerenciamento de emergências são essenciais para diminuir os problemas resultantes da rápida urbanização e a criação de Depósitos Tecnogênicos e suas possibilidades de remediação visando à recuperação ou diminuição dos problemas.

A necessidade de estudos, mapeamentos e classificação dos solos urbanos de acordo com Rossiter (2007) avançou com a inclusão de um novo grupo no World Reference Base for Soil Resources (WRB) na edição de 2006 referente a inclusão da categoria Technosolos. Os Technosolos segundo a nova classificação são aqueles corpos cujas propriedades e funções são dominadas pela técnica humana evidenciando a presença de artefatos, camadas impermeáveis e sedimentos sendo subdivididos em *Ekranic*, *Linic*, *Urbic*, *Spolic* ou *Garbic*. Segundo Rossiter (2007) ocorre ainda a dificuldade de identificação dos tipos de Technosolos no campo quando os mesmos são submetidos à pedogênese.

Rossato ; Basso ; Suertegaray (2002) enfocam a dinâmica de formação de depósitos tecnogênicos em áreas de barragens, principalmente associadas a áreas urbanizadas no município de Porto Alegre (RS). A evidência da magnitude e frequência da atividade antrópica neste estudo reside na importância da aceleração do tempo geomorfológico e a estruturação de ambientes resultando em novas formas de dissecação e acumulação dos sedimentos transportados.

A abordagem do estudo com base na análise textural dos horizontes que compõem os depósitos de barragens evidenciou a atividade dos elementos climáticos, principalmente a pluviosidade na estruturação das camadas e disposição horizontal dos materiais. Nas épocas de maior pluviosidade e diminuição da cobertura vegetal associada à expansão urbana segundo Rossato ; Basso ; Suertegaray (2002) verificou-se uma concentração de sedimentos de maior granulometria, geralmente cascalhos e areias grossas.

Nos períodos de eventos climáticos de menor pluviosidade, as camadas estavam associadas a sedimentos de granulometria reduzida, em relação a esta análise os depósitos com granulometria reduzida e menor teor de argila são mais facilmente retrabalhados pela força das águas atuando nas vertentes e nos canais fluviais. Outro

aspecto evidenciado nos depósitos estudados é a forte presença de matéria orgânica de origem fecal nos horizontes superficiais (Rossato ; Basso ; Suertegaray, 2002).

A introdução de materiais tecnogênicos no ambiente, além dos fatores de alteração do solo, águas superficiais e subterrâneas, vem-se constituindo em médias e grandes cidades em ampliação dos fatores de riscos na ocorrência de movimentos de massa das diversas formas, principalmente quando do avanço da malha urbana sobre estes corpos. Nesse sentido, o trabalho efetuado por Godoy et al (2002) na cidade de Presidente Prudente, oeste do estado de São Paulo visou avaliar as condições de segurança de empreendimentos, como no caso da ampliação do Distrito Industrial com base no risco tecnogênico. A matriz de avaliação contou com a seleção de 4 fatores principais, a saber: Geodinâmica Externa (processos erosivos e ações antrópicas), Rochas e Solos, Declividade do Terreno e Presença da Água.

Com base nos fatores anteriormente apresentados, Godoy et al (2002) elaboraram o mapa síntese da área de estudo demonstrando as áreas de maiores riscos tecnogênicos, o qual serviu de guia para a ampliação da área do Distrito Industrial de Presidente Prudente restringido grande parte da área proposta para a expansão, a qual pode acarretar mais problemas ambientais com a execução de obras.

Visando a análise das alterações ambientais decorrentes da urbanização na região metropolitana de Porto Alegre, Fujimoto (2005) realizou a identificação e mapeamento dos compartimentos de relevo em uma bacia hidrográfica determinados por fatores naturais e os relevos produzidos pela ação humana. A avaliação geomorfológica incluiu a abordagem histórica das formas de relevo, do material de cobertura superficial e dos processos geomorfológicos.

As formas de relevo determinadas por fatores naturais na área de estudo estão restritas aos padrões de: Formas de Morros com Topos Convexizados, Formas de Relevo em Colinas de Topos Convexos e Formas de Relevo de Áreas Planas. Com relação às formas tecnogênicas de relevo identificou-se o padrão de Formas de Planícies Tecnogênicas resultantes de um intenso processo de colmatação estendidas ao longo da sub bacia determinada pela elevação do nível topográfico da construção de uma barragem. De acordo com Fujimoto (2005) apesar da interferência antrópica, não conduziu a um estado severo de degradação ambiental, porém ressalta-se que áreas com formas tecnogênicas e portanto instáveis estão sendo ocupadas pela expansão urbana com possibilidades de riscos a vida no futuro.

A maior parte das grandes cidades brasileiras é resultante dos povoamentos iniciais criados pelos portugueses no litoral e que atualmente concentram grandes contingentes populacionais em áreas pobres em recursos hídricos e confinados para a expansão urbana segundo Fujimoto (2005). O crescimento da malha urbana acrescida ao aumento populacional gera diariamente toneladas de resíduos sólidos, os quais são de difícil descarte ou reciclagem e sendo incorporados ao ambiente urbano gerando os depósitos tecnogênicos.

A abordagem geomorfológica baseada no desenvolvimento de metodologias comparativas de morfologias naturais e morfologias antropogênicas reside no cerne do trabalho de Rodrigues (2005) na área urbana da cidade de São Paulo e seu entorno. A análise destaca os estágios de pré-perturbação, perturbação ativa e de pós-perturbação das intervenções humanas na construção e manutenção desses ambientes avaliadas enquanto ações geomorfológicas em formas, materiais e processos. A elaboração de material cartográfico comparativo das morfologias originais e antrópicas visam evidenciar as unidades espaciais que compõem o mosaico de ambientes a sofrerem ações preventivas e corretivas mais efetivas para cada caso específico. Outro fato

ressaltado por Rodrigues (2005) é a investigação da dinâmica e da história cumulativa das intervenções humanas, considerando as particularidades dos contextos morfoclimáticos e morfoestruturais reinantes em cada região.

Os DT analisados por Candido ; Zaine (2005) constituem-se de antigas cavas resultantes da atividade de mineração de argila, que constituem um problema para a recuperação ambiental apresentando grandes extensões de área e com profundidades superiores a 5 metros desativadas por terem atingido o lençol freático. Estas cavas quando apresentam menor quantidade de água são preenchidas por inúmeros tipos de resíduos provenientes de materiais de construção, os quais apresentam pouca permeabilidade devido à compactação e discordância da topografia original acarretando mudanças no escoamento superficial das águas pluviais.

Candido ; Zaine (2005) além da identificação desenvolvem um mapeamento geológico e geotécnico, apresentando a classificação dos inúmeros materiais que compõem os depósitos tecnogênicos urbanos e sua influência na dinâmica pedológica e geomorfológica do ambiente local. Os depósitos tecnogênicos identificados foram preenchidos para solucionar os problemas de impactos ambientais oriundos da atividade mineradora de argila, o que nem sempre é possível, pois o novo corpo além de não possuir uma estabilidade acaba sendo exumados pelos processos erosivos novamente.

Utilizando-se de geotecnologias para o mapeamento da evolução dos depósitos tecnogênicos em áreas marinhas, em específico a área costeira da cidade de Rio Grande, no estado do Rio Grande do Sul, Dumith et al (2009) abordou as modificações geomorfológicas e os problemas resultantes do avanço dos depósitos nesta cidade. Com o uso de fotografias aéreas dos anos de 1964, 1975 e 1999 e as imagens do satélite QUICKBIRD do ano de 2006 trabalhadas no software Quantum Gis (QGIS) livre e gratuito, além dos trabalhos de campo complementares foi possível a mensuração.

Nas áreas onde os DT não tiveram suas dimensões ampliadas por novos acréscimos de material, a análise das fotografias aéreas e imagens de satélite evidenciaram a diminuição do depósito em função da ação erosiva das marés e o material sendo levado para as águas mais profundas. Em alguns locais mesmo com a ação erosiva da água marinha houve um acréscimo significativo de material e aumento da área dos depósitos com areia das dunas, entulho e lixo. O uso de SIGs e imagens de satélite mostraram-se uma ferramenta adequada para o dimensionamento e avanço destes ambientes artificiais e fornece subsídios para a diminuição ou eliminação desta questão (DUMITH, 2009).

O estudo de depósitos tecnogênicos em barragens realizado Korb (2006) propõe a identificação e análise dos materiais constituintes e a relação com as atividades humanas no entorno do corpo d'água, apresentando uma variedade significativa de fatores, tais como: indústrias, ocupações irregulares, bairros urbanos, agricultura, silvicultura, as quais proporcionam diferentes impactos e deslocamento de matéria.

Com base na coleta de testemunhos para análise verificou-se uma grande variação de materiais e minerais nos depósitos, com diferenças significativas de matéria orgânica, areia, argila, além da identificação de concreções ferruginosas resultado das flutuações do nível de água na barragem. Outra vertente do trabalho enfoca as concentrações de materiais poluentes nos depósitos, principalmente Pb e Zn, os quais além de produzirem influências físicas, químicas e biológicas, interferem na qualidade da água e no tratamento, visto que o corpo hídrico serve como fonte de abastecimento de água. Segundo Korb (2006) a retirada dos materiais poluentes é difícil e propõem como melhor alternativa a redução de sua concentração por meio do tratamento dos esgotos direcionados ao local.

Visando abordar o estudo do Tecnógeno sobre a perspectiva sistêmica, o trabalho de Figueira (2007) desenvolve sobre uma abordagem histórica da evolução urbana da cidade de São Paulo, a qual atrelada a cada ciclo econômico e suas respectivas atividades que geraram os respectivos Depósitos Tecnogênicos. Para o entendimento da dinâmica baseada em sistemas tecnogênicos de São Paulo utilizou-se a divisão em sistemas fluviais, sistemas urbanos e sistemas de mineração, os quais compõem o cenário de formação das extensas áreas tecnogênicas. Os sistemas tecnogênicos de várzeas e de encostas em São Paulo são os tipos que causam mais problemas e de maior extensão espacial, sendo necessária a intervenção para evitar riscos ambientais para a população e não somente medidas paliativas para remediar a situação. Como ponto de discussão e ações a serem tomadas Figueira (2007) conclui que o problema dos riscos ambientais associados a Depósitos Tecnogênicos é tratado pelas administrações de forma compartimentada, ou seja, disposição de resíduos, de mineração e de riscos geológicos e não tratada de forma integrada para que os diversos fatores envolvidos e que criam uma sinergia de impactos ao ambiente, a sociedade e a economia sejam minimizados ou resolvidos.

O crescimento urbano da cidade de Goiânia (GO) nas últimas décadas acelerou o processo de formação de depósitos tecnogênicos associados aos sistemas fluviais. Com o objetivo de quantificar e separar nos depósitos os eventos de deposição humana e deposição natural dos sedimentos e materiais, Rubin et al (2008) realizaram a identificação de depósitos por fotografias aéreas, identificação do perfil e uso de vibro-testemunhador para a datação e estimativa dos sedimentos depositados nestas áreas. As taxas apresentadas de sedimentação de distribuição dos depósitos tecnogênicos em uma área de 25 km², espessura média de 2 metros, densidade de 1,2 g/cm³ e em um período de 25 anos apontam para valores de 0,143 t/km² ano e em conjunto com informações de moradores o crescimento de barras arenosas foram estimadas em 3 metros num período de 4 anos, ou seja, 75 cm por ano devido ao acréscimo das taxas de sedimentação.

Souza et al (2009) aplicou o estudo da produção de sedimentos com base na avaliação das fases de uso do solo rural e urbano em bacias hidrográficas, em especial com recorte para as áreas de depósitos tecnogênicos, através do método proposto por Oliveira (1994). A avaliação da evolução do uso do solo foi realizada através do uso de fotografias aéreas de diferentes períodos e imagens de satélite Quick Bird para a determinação das feições erosivas. A evolução histórica dos processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos nesta microbacia demonstra diferentes taxas de deposição no fundo de vale, seguida de um período de estabilização e da fase de reentalhamento do canal, no qual as taxas de produção de sedimentos são similares as encontradas em outros trabalhos da mesma natureza.

Medidas de Controle de Impactos de Depósitos Tecnogênicos

De acordo com Pavao-Zuckerman (2008), os solos urbanos são formados em momentos históricos característicos de cada cultura refletindo o modo de ocupação de uma determinada área, sendo o resultado de interferências diretas e indiretas nos processos físicos, químicos e biológicos. Com a compreensão dos processos antrópicos e o conhecimento da dinâmica dos solos urbanos podem-se planejar uma intervenção mais adequada e com isto a restauração de ambientes será mais bem sucedida.

De acordo com Pavao-Zuckerman (2008, p.643) os materiais tecnogênicos podem variar seus impactos segundo:

The specific properties of an urban soil are a function of the nature of urbanization and how urban environment interacts with local environmental and climatic conditions. Different forms and types of cities (McIntyre et al, 2000) affect local ecosystems in different ways, such that urban density, economies and political organization can have implications for ecological patterns (Pavao-Zuckerman).

Segundo Pavao-Zuckerman (2008) áreas com DT nos Estados Unidos apresentaram significativas melhoras nas condições físicas, químicas e biológicas quando isolados e estabilizados por espécies vegetais (gramíneas, arbustos ou árvores para fins paisagísticos), resultando após alguns anos em área com disponibilidade para uso no lazer e com custos diminutos na recuperação.

O legado do uso do solo pré-urbano é mascarado pelas condições correntes, mas os efeitos residuais das atividades humanas podem complicar nossa compreensão para a restauração ambiental urbana, levando-se em consideração que nem todas as intervenções resultaram em degradação, como por exemplo: os solos da cidade de Phoenix, estado de Arizona (EUA) onde o uso agrícola passado aumentou os baixos níveis de C, N e micronutrientes resultando em melhor fertilidade. As cidades são as moradas de milhões de pessoas e a restauração da camada pedológica é premente para os possíveis usos do solo urbano e cada área e cada cidade deve utilizar as técnicas mais indicadas para cada tipo de alteração da camada pedológica segundo Pavao-Zuckerman (2008).

De acordo com Boscov (2008) o processo de geração de gases é mais freqüente em depósitos com alta percentagem de materiais orgânicos. Na fase inicial é dominante os processos aeróbios e geralmente durando apenas uma semana devido aos altos teores de oxigênio com geração de CO₂. A segunda fase inicia-se com a elevação da temperatura e início da fase anaeróbia durando de um a seis meses e com aumento significativo de CO₂. A terceira fase que dura de 3 meses a 6 anos marca a geração acelerada de CH₄ e na última fase com duração de 8 a mais de 40 anos, a geração de gases CH₄, N₂ e CO₂ diminui drasticamente.

Segundo Boscov (2008, p. 165) para uma recuperação efetiva da área é necessário que:

A remoção do solo contaminado, compreendendo escavação, transporte e disposição, só é possível quando há pleno acesso aos contaminantes, além de acarretar impacto em outra área. O confinamento ou isolamento deve impedir a liberação de material tóxico da área contaminada para o meio ambiente e interceptar o material tóxico já liberado antes que atinja o receptor.

O macro-complexo da construção civil envolvendo a retirada, transformação e uso de matérias-primas naturais consome entre 20 e 50 % dos recursos naturais da sociedade segundo Sjöstrom (1996) apud John (2009), ressaltando que alguns recursos têm reservas limitadas. Atualmente, os resíduos da construção civil e de outras atividades são dispostos em aterros que permanecerão por tempo indefinido causando problemas a camada pedológica e águas subterrâneas, sendo a reciclagem a melhor forma a reduzir ao mínimo a quantidade de resíduos.

Os resíduos segundo Ângulo; Zordan; John (2001) são empregados com o devido tratamento na fabricação de tijolos, pavimentos, concreto simples, entre outros fins. Algumas cidades no Brasil como Belo Horizonte, Ribeirão Preto, Vinhedo e São

Paulo já possuem unidades para produzir artefatos com restos da construção civil e oferecendo preços menores que os similares comumente usados em casas e edifícios.

Os resíduos da construção civil podem ser aproveitados para diversos fins e de acordo com John (2009) e John et al (2009) a reciclagem de resíduos como material de construção envolve os seguintes aspectos: a caracterização física, química e da microestrutura dos resíduos incluindo o seu risco ambiental; busca de possíveis aplicações dentro da construção civil, considerando as características dos resíduos; o desenvolvimento de diferentes aplicações, incluindo o seu processo de aplicação; análise do impacto ambiental do novo produto e a viabilidade financeira do produto desenvolvido.

Diferentemente de outros países, a preocupação com resíduos é relativamente recente no Brasil, nos EUA já existia uma política no final de 1960 uma política para resíduos chamada Resource Conservation and Recovering Act (RCRA) e na Europa a reciclagem de resíduos da construção civil ganhou força logo após a II Guerra Mundial. No entanto, alguns municípios brasileiros operam com sucesso as centrais de reciclagem produzindo agregados utilizados como sub-base para a pavimentação de acordo com John e Agopyan (2009).

Dentre os estudos analisados sobre quantidade e produção de resíduos da construção civil, os dados mais atualizados contam no trabalho de Júnior (2005) os quais apontam para uma redução de 2.325 toneladas/dia no ano de 2.000 para 1.795 toneladas/dia no ano de 2004, diminuição esta resultante de uma fiscalização mais efetiva, do reaproveitamento, diminuição de resíduos nos canteiros de obras e reciclagem dos materiais pela Prefeitura de Belo Horizonte.

Referências

Berger, A. R. **Assessing Rapid Environmental Change Using Geoinicators**. In: International Journal of Geosciences: Environmental Geology, número 32, volume 01, julho 1997, N. York (U.S.), págs. 36 – 44.

Candido, L. W. ; Zaine, J. E. **Identificação e Mapeamento de Cavas e Pilhas de Bota-Fora de Mineração como Unidade Geológico-Geotécnica no Município de Estiva Gerbi – SP, Brasil**. Revista Geociências: UNESP (SP) número 6, p. 35-44, dezembro de 2005.

Chemekov, Y. F. **Technogenic Deposits**. In: Inqua Congress, 11, Moscow, 1983, Abstracts v. 3, p. 62.

Coltrinari, L. **Natural and Anthropogenic Interactions In The Brazilian Tropics**. In: BERGER, A. R. ; IAMS, W. (Orgs), Geoinicators: Assessing Rapid Environmental Changes in Earth Systems. Rotterdam:Brookfield, 1996. p. 295-310.

Craul, P. J. **Urban Soils: Applications and Principles**. Wiley, New York, 1999.

Csima, P. **Urban Development and Anthropogenic Geomorphology**. In: Szabó, J. et al. Anthropogenic Geomorphology, London: Springer, 2010, p. 179 – 187.

Efland, W. R. ; Pouyat, R. V. **The Genesis, Classification and Mapping os Soils ins Urban Areas.** In: Urban Ecosystem, nº 01, 1997. p. 217-228.

Figueira, R. M. **Evolução dos Sistemas Tecnogênicos no Município de São Paulo.** São Paulo: USP (Instituto de Geociências), Dissertação de Mestrado, 126 págs.

Fujimoto, N. S. V. M. **Considerações Sobre o Ambiente Urbano: Um Estudo com Ênfase na Geomorfologia Urbana.** In: Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, nº 16, 2005. p. 76-80.

Gomes, D. C. H.; Coelho, R. M. ; Rossi, M. ; Guadalupe, G. W. **Solos Antropogênicos da Bacia do Ribeirão das Anhumas: Caracterização, Legenda e Implicações Ambientais.** Campinas (SP), Projeto Anhumas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2006. p.103 – 127.

Goudie, A. **Human Agency in Geomorphology.** In: Goudie A. The Human Impact on Netural Environment: Past, Present and Future. Oxford: Blackwell, 2006. p. 159 – 195.

Grebenets, V. I. **Geocryological – Geoecological Problems Occurring in Urbanised Territories in Northern Russia and Methods For Improvement and Restoration of Foundations.** In: Permafrost, Springman ; Arensons (Eds), 2003. p. 303-307. Disponível em http://reserach.iar.uaf.edu/icop2003permafrost/pdf/chapter_055pdf. Acessado em 20/10/2009.

Gupta, A. **Geoinicators for Tropical Urbanization.** In: International Journal of Geosciences: Environmental Geology. Volume 42. p.736-742.

Korb, C. C. **A Identificação de Depósitos Tecnogênicos na Barragem Santa Bárbara, Pelotas (RS).** Dissertação de Mestrado, Porto Alegre (RS), 2006. Disponível em <http://hdl.handle.net/10183/1780>. Acessado em 10/11/2009.

Lehmann, A. ; Stahr, K. **Nature and Significance of Anthropogenic Urban Soils.** In: Journal os Soils and Sediments, nº 07 (4), 2007. p. 247-260.

Lisbôa, T. H. C. **Os Depósitos Tecnogênicos e a Alteração da Linha de Costa do Distrito Sede de Florianópolis (SC).** Dissertação de Mestrado, Florianópolis (SC), UFSC, 2004.

Machado, C. A. **Diagnóstico Ambiental da Cidade de Araguaína (TO).** Relatório de Pesquisa Institucional, Palmas (TO), UFT, 2004.

Machado, C.A . ; Oliveira, V. M. de **Planejamento Ambiental Para a Cidade de Araguaína – TO.** In. Revista Interface, Porto Nacional (TO), v.02, n.02, maio 2005. p.52-65.

Marker, B. **Urbanisation and The Geoenvironment.** In: Geology and Ecosystems. Igor S. Zektser (Org.) New York: Springer, 2006. p. 123-147.

Meuser, H. **Anthropogenic Soils**. In: Meuser, H. Contaminated Urban Soils. London: Springer, 2010. p. 121- 193.

Neber, A. et all **From The Devonian to the Present: Landscape and Technogenic Relief Evolution in na Urban Environment**. In: IAG, n. 517, 2006. p. 01-12.

Norra, S. ; Stüben, D. **Urban Soils**. In: Journal of Soils and Sediments 3 (4), 2003. p. 230-233.

NYCSSS (NEW YORK CITY SOIL SURVEY STAFF) **New York City Reconnaissance Soil Survey**. United State Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Staten Island (NY), 2005).

Osterkamp, W.R. ; Shumm, S. A. **Geoindicators For a River Valley Monitoring** In: BERGER, A. R. ; IAMS, W. (Orgs), Geoindicators: Assessing Rapid Environmental Changes in Earth Systems. Rotterdam:Brookfield, 1996. p. 97-114.

Oliveira, A. M. S. **Depósitos Tecnogênicos Induzidos Pela Erosão Acelerada no Planalto Ocidental Paulista**. In: Boletim Paulista de Geografia, nº 73, 1993, p. 91-104
Oliveira, A. M. S. **Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios: Exemplo do reservatório de capivara, Rio Paranapanema, SP/PR**. Tese apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para a obtenção do grau de Doutor em Geografia Física. Vol. 1, São Paulo: 1994.

Oliveira, A. M. dos S. et al **Tecnógeno: Registro da Ação Geológica do Homem**. In: Quaternário do Brasil. Souza, C. R. de G. et all (Orgs). Ribeirão Preto (SP): Holos, 2005. p. 363-378.

Pavao-Zukerman, M. A. **The Nature of Urban Soils and Their Role in Ecological Restoration in Cities**. In: Restoration Ecology, Vol. 16, nº 04, Dez. 2008. p. 642-649.

Pedron, F. de A. et al. **Solos Urbanos**. Revista Ciência Rural, v. 34, n.05, p. 1647-1653, set-out, 2004.

Pedron, F. de A. et al **Levantamento e Classificação de Solos em Áreas Urbanas: Importância, Limitações e Aplicações**. Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 13, n.12, p. 147-151, abr-jun, 2007.

Peloggia, A. U. G. **O Homem e o Ambiente Geológico: Geologia, Sociedade e Ocupação Urbana no Município de São Paulo**. São Paulo, Xamã, 1998.

Rodrigues, C. **Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na Definição de Unidades Espaciais de Planejamento Urbano: Exemplo na Metrópole Paulista**. In: Revista do Departamento de Geografia, nº 17, USP, 2005. p. 101-111.

Rogachevskaya, L. M. **Impacts of Technogenic Disasters on Ecogeological Process**. In: Geology and Ecosystems. Igor S. Zektser (Org.) New York: Springer, 2006. p. 161-169.

Rossato, M. S. ; Basso, L. A. ; Suertegaray, D. M. A.: **Formação de Depósitos Tecnogênicos em Barragens: O Caso da Lomba do Sabão, Rio Grande do Sul, Brasil.** In: Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, Vol. 07, nº 407, out. 2002. Disponível em: <http://www.ub.es/geocrit>. Acessado em 10/11/2009.

Rossiter, D. G. **Classification of Urban and Industrial Soils in The World Reference Base for Soil Resources.** In: Journal of Soil and Sediments 7 (2), 2007. p. 96 -100.

Rubin, J. C. R. de et al **Amostragem dos Depósitos Tecnogênicos Associados ao Rio Meia Ponte na Área Urbana de Goiânia (GO).** In: Revista Brasileira de Geomorfologia.v. 09, n. 02, 2008. p. 03 – 14.

Silva, E. C. N. ; Nunes, J. O. R. **Formação de Depósitos Tecnogênicos: Ação Geomorfológica da Sociedade nas Planícies Aluviais da Cidade de Presidente Prudente.** Disponível em www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/resumos.../007.pdf. Acessado em 04/05/2010.

Ter-Stepanian, G. **The Beginning of Technogene.** In: Bulletin of International Association of Engineering Geology, nº 38, 1988. p. 133-142.

International Union of Soil Sciences (IUSS). **World Reference Base for Soil Resources (WRB)** Disponível em: <http://www.fao.org/nr/land/soils/soil/en>. Acessado em 10/10/2010.