

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E DRENANTES DO PAVIMENTO PERMEÁVEL COM ADIÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS

Adilson Martins de Oliveira Junior*, Cláudia Scoton Antonio Marques

*Centro Universitário de Santa Fé do Sul - Unifunes, adilson.junior.1@hotmail.com

RESUMO

Essa pesquisa tem por finalidade obter informações sobre as propriedades mecânicas de diferentes traços de concreto e analisar quais mudanças na resistência e na permeabilidade acontecem com alterações nos agregados miúdos dos traços e na compactação. Onde deve causar certa interferência na sua capacidade de resistência mecânica e condutividade hidráulica, o que é alvo deste estudo. Para desenvolver os traços desejados estima-se utilizar uma dosagem já existente de 1:0,4:4,0 que inclui o uso do Cimento Portland com escoria e pozolana (CP II-E) e (CP II-Z), ambos 32MPa, para efeitos de comparação o lote com a sigla “Z” não contará com vibração e para aumentar a possibilidade de melhoramento do traço também será adicionado em algumas misturas o granulado de garrafa PET (Politereftalato de Etileno) e o pó de aço (resíduo de indústrias que recortam o aço) em certas proporções no lugar da areia, com essas variações de agregados miúdos e compactações deseja-se comparar e apurar se existe algum traço dentre essas combinações que atenda a meta de ser resistente e ter uma boa condutividade hidráulica. Através desses dados e uma análise mais profunda busca-se demonstrar que o uso desses e outros materiais na composição do pavimento, pode ser benéfico e ajudar a resolver o problema do destino dos resíduos, principalmente do material de PET que ainda hoje não é totalmente reciclado e causa transtornos nas metrópoles como enchentes e inundações periódicas.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimento permeável, PET, Drenagem, Materiais alternativos.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população humana, e a ocupação desordenada do solo, muitas mudanças ocorreram na estrutura do solo, nos cursos d'água, modificando a paisagem natural de rural para urbana.

A urbanização sem planejamento expõe o solo a uma diversidade de problemas, um deles, é a impermeabilização do solo. Muitos problemas surgem com as ocupações irregulares e a impermeabilização das superfícies. Erosão e assoreamento de rios também podem ser causados pela impermeabilização das superfícies, que gera escoamento com maior volume do que o escoamento em superfícies naturais (ESTEVES, 2006).

Os pavimentos permeáveis, também conhecidos como *paver* ou piso drenante, compõem parte das tecnologias que têm sido desenvolvidas com o intuito de promover a infiltração da água, tentando devolver ao solo a capacidade de infiltração anterior à urbanização.

O pavimento permeável pode ser considerado um grande aliado para resolver os problemas que grandes e pequenas cidades enfrentam pois tem características porosas facilitando assim a infiltração das águas pluviais no solo evitando enchentes, bolsões de águas, aquaplanagem (água sobre a superfície do asfalto) e efeitos splash.

Dentre os dispositivos que procuram devolver ao solo as condições originais de retenção do escoamento está o pavimento permeável.

No Brasil, esse dispositivo ainda é pouco conhecido e pouco aplicado, por isso, pesquisas têm sido feitas com o intuito de dominar a técnica do pavimento permeável, de avaliar seu comportamento, sua eficiência e durabilidade.

A drenagem urbana tradicional busca drenar, ou melhor, afastar as águas derivadas de precipitações o mais rápido possível, reduzindo a possibilidade de inundações.

Neste contexto, os pavimentos permeáveis apresentam-se como um grande aliado para a solução de problemas como enchentes, inundações enfrentadas atualmente pelas pequenas, grandes e médias cidades.

Buscando estudar o pavimento permeável, optou-se, neste trabalho, verificar a capacidade de infiltração e a resistência de um novo tipo de pavimento permeável, com a composição diferente dos existentes hoje na maioria dos passeios públicos de cidades. Além de optar por uso de agregados reciclados, em substituição ao agregado natural, uma vez que os resíduos sólidos são um dos maiores problemas ambientais existentes no mundo, busca-se com isso, promover o retorno do material reciclado ao ciclo produtivo, estando em consonância com os objetivos do desenvolvimento sustentável e da logística reversa.

OBJETIVOS

Esta pesquisa teve por objetivo analisar as propriedades mecânicas de 5 diferentes composições de concreto permeável e verificar quais mudanças podem ocorrer na resistência e na permeabilidade com a substituição parcial de agregados miúdos naturais por agregados reciclados de PET e por pó de aço.

Por meio dos dados obtidos sobre a resistência à compressão e dados sobre a permeabilidade de cada corpo de prova, buscou-se realizar uma análise estatística busca-se comprovar que o uso desses materiais alternativos na composição do pavimento permeável pode ser benéfico e, ainda, dar um destino a alguns resíduos sólidos, principalmente PET que ainda hoje não é totalmente reciclada e causa transtornos nas metrópoles como enchentes e inundações periódicas.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento dessa pesquisa optou-se por uma pesquisa bibliográfica, pois esta permite ao pesquisador examinar tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre o assunto. Trata-se de uma pesquisa aplicada, a qual objetiva a produção de conhecimentos que tenham aplicação prática e dirigida a solução de problemas reais específicos (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Assim este estudo é baseado em pesquisa bibliográfica sobre o uso do pavimento permeável em áreas urbanas sujeita a inundações. Foram utilizados dados primários e secundários de fontes técnico-científicas como livros; teses e dissertações; normas e manuais; revistas periódicas e sites da internet, para analisar as vantagens e o uso deste pavimento.

Foram executados os ensaios de permeabilidade, resistência e condutividade. Todos os ensaios previstos neste trabalho foram executados no Laboratório de Materiais da Centro Universitário de Santa fé do Sul – Unifunec, e seguiram as normas previstas na ABNT.

Composição granulométrica dos agregados

O diâmetro do agregado graúdo (brita) será do diâmetro médio da Brita 0 se mostrou durante o ensaio de granulometria estar muito presente entre 4,8 mm a 6,3 mm tendo também outras dimensões em menor quantidade e seu módulo de finura ficou em 5,67.

Tabela 1. Resultado da granulometria na brita 0.

Fonte: Elaborado pelo autor.

ENSAIO GRANULOMÉTRICO (BRITA 0)								Porcentagem Retida (Média)	Porcentagem Retida Acumulada
PENEIRAS		1º Determinação		2º Determinação		3º Determinação			
Nº	mm	Peso Retido (g)	%Retida	Peso Retida (g)	%Retida	Peso Retido (g)	%Retida		
8,8"	9,5	231,82	7,731	237,34	7,915	169,25	5,64374	7,097	7,096
4"	6,3	2025,33	67,543	2006,76	66,923	1883,1	62,793	65,753	72,849
4	4,8	508,59	16,961	496,33	16,552	586,54	19,5585	17,691	90,540
8	2,4	212,5	7,087	212,25	7,07828	264,85	8,83157	7,666	98,205
16	1,2	4,36	0,145	20,01	0,66731	41,49	1,38351	0,732	98,937
30	0,600	5,26	0,175	3,33	0,11105	13,21	0,44049	0,242	99,180
Fundo	<0,600	10,7	0,357	22,59	0,75335	40,46	1,34916	0,820	99,999
Total		2998,56	100	2998,61	100	2998,9	100	100	99,99

Em relação ao ensaio granulométrico da areia grossa utilizada na pesquisa, foram utilizados 1 kg de areia nas 2 determinações e pode-se observar que 75% do material tem dimensões entre 0,150 a 0,300 mm e seu módulo de finura é de 3,03.

Tabela 2. Resultado da granulometria na areia.

Fonte: Elaborado pelo autor.

ENSAIO GRANULOMETRICO (AREIA)						Porcentagem Retida (Média)	Porcentagem Retida Acumulada
PENEIRAS		1º Determinação		2º Determinação			
Nº	mm	Peso Retido (g)	%Retida	Peso Retido (g)	%Retida		
4	4,8	5,2	0,52	2,55	0,26	0,39	0,387
8	2,4	9,98	1,00	11,19	1,12	1,06	1,446
16	1,2	37,02	3,71	42,04	4,21	3,96	5,403
30	0,600	160,38	16,05	196,53	19,67	17,86	23,263
50	0,300	554,18	55,47	458,5	45,89	50,68	73,940
100	0,150	220,43	22,06	272,46	27,27	24,67	98,605
Fundo	<0,150	11,96	1,197	15,9	1,59	1,39	99,999
Total		999,15	100	999,17	100	100	99,99

Entrando nos materiais alternativos, temos a granulometria com o PET triturado, por conta de umidade excessiva foi necessário fazer um peneiramento grosseiro para remover material aglomerado. O método de ensaio foi o mesmo aplicado na areia e notou-se que mais de 90% do material tem dimensões entre 2,4 a 4,8 mm e seu módulo de finura foi 6,07.

Tabela 3. Resultado da granulometria com PET triturada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

ENSAIO GRANULOMETRICO (PET)						Porcentagem Retida (Média)	Porcentagem Retida Acumulada
PENEIRAS		1º Determinação		2º Determinação			
Nº	mm	Peso Retido (g)	%Retida	Peso Retido (g)	%Retida		
4"	6,3	9,520	0,956	23,3	2,341	1,65	1,681
4	4,8	110,500	11,102	114,09	11,461	11,28	12,963
8	2,4	817,260	82,111	811,59	81,529	81,82	94,783
16	1,2	41,610	4,181	33,56	3,371	3,78	98,559
30	0,600	14,600	1,467	11,62	1,167	1,32	99,876
50	0,300	1,820	0,183	1,3	0,131	0,16	100,0
100	0,150	0,000	0,000	0	0	0,000	100,0
Fundo	<0,150	0,000	0,000	0	0	0,000	100,0
Total		995,310	100	995,46	100	100	100,0

Seguindo o mesmo método, o pó de aço mostrou ter dimensões um pouco menores, porém melhor distribuídos que variam de 0,150 até 0,600 mm e seu módulo de finura foi de 3,05.

Tabela 4. Resultado da granulometria com pó de aço.

Fonte: Elaborado pelo autor.

ENSAIO GRANULOMETRICO (Pó de aço)						Porcentagem Retida (Média)	Porcentagem Retida Acumulada
PENEIRAS		1º Determinação		2º Determinação			
Nº	mm	Peso Retido (g)	%Retida	Peso Retido (g)	%Retida		
4	4,8	1,75	0,18	1,22	0,12	0	0,387
8	2,4	4,18	0,42	3,42	0,34	0,38	0,768
16	1,2	56,24	5,64	55,7	5,57	5,61	6,374
30	0,600	304,32	30,53	351,05	35,11	32,82	39,195
50	0,300	334,98	33,61	309,5	30,96	32,28	71,476
100	0,150	183,79	18,44	172,64	17,27	17,85	88,329
Fundo	<0,150	111,55	11,19	106,25	10,63	10,91	99,238
Total		996,81	100	999,78	100	100	99,99

Dosagem

Tanto o consumo de cimento como a relação cimento/agregado em massa foram a mesma utilizada por Batezini (2013). A relação cimento/agregados será de 1:4,4, pelo fato de que em outros estudos essa proporção se manteve equilibrada tanto em sua resistência a compressão, quanto sua permeabilidade. Sendo que a relação agregado miúdo/agregado graúdo variará de acordo com a proporção analisada. Os agregados miúdos foram fixados em 0,4 enquanto a proporção de brita foi fixada em 4,0. Foram estudadas dez misturas distintas variando entre tipo de aglomerante usado e agregado miúdo, conforme a Tabela 5.

Tabela 5. Proporção em massa dos materiais nas amostras, onde, “-E” = Traços com cimento (CP II-E) e “-Z” = Traços com cimento (CP II-Z) *=50% PET **=100%PET (f/a) = 50% pó de aço (f) = 100% pó de aço.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Denominação das amostras	Proporção em massa de cada material na mistura		
	Cimento	Areia/PET/Pó	Brita
M1-E	1	0,4	4,0
M2-Z	1	0,4	4,0
M3-E	1	0,4*	4,0
M4-Z	1	0,4*	4,0
M5-E	1	0,4**	4,0
M6-Z	1	0,4**	4,0
M7-E	1	0,4(f/a)	4,0
M8-Z	1	0,4(f/a)	4,0
M9-E	1	0,4 (f)	4,0
M10-Z	1	0,4(f)	4,0

Moldagem, cura e capeamento dos corpos de prova

A literatura afirma que a relação a/c deve estar entre 0,26 até 0,45, e de acordo com ensaios e experimentos prévios no laboratório se determinou-se uma relação a/c próxima de 0,35 para uma boa consistência. A partir da inserção de areia na mistura, a inserção de água no sistema dependerá do módulo de finura dos materiais alternativos a serem utilizados. Para cada mistura foram moldados 3 (três) corpos de prova cilíndricos de 10x20cm de dimensões que passaram por testes de compressão axial e mais 2 (dois) corpos de prova para passar pelo teste de condutividade hidráulica. Pelo seu índice de vazios elevados esse tipo de concreto é relativamente frágil o que torna o processo de cura algo crucial para o ganho de resistência, portanto, para o processo de cura foi improvisado uma câmara úmida que ajudou a manter a umidade dos corpos nos seus primeiros dias de cura.

No processo de ruptura, para que a superfície dos corpos de prova cilíndricos não interfira nos resultados, foram utilizados madeirites para o capeamento das amostras.

Ensaio mecânicos no concreto endurecido

Nas amostras foram executados os ensaios normais de resistência à compressão, segundo a NBR 5739. Para cada um dos traços foram rompidos 3 corpos de prova com 28 dias de cura com controle da umidade. Os resultados em MPa foram obtidos a partir da média simples dos corpos de prova.



Figura 1: Ensaio de compressão axial com capeamento de madeirite. Fonte: Autor do trabalho.

Ensaio de condutividade hidráulica no concreto

Seguindo as instruções da recente NBR 16416, que trata sobre os pavimentos permeáveis e procedimentos de ensaios nos mesmos, foram feitas poucas adaptações no ensaio de permeabilidade a fim de possibilitar a realização do ensaio.

Segundo a norma, para o ensaio é necessário um anel de transparente com 300 mm de diâmetro e pelo menos 50 mm de altura, o uso de no mínimo 20 litros de água limpa, um cronômetro digital, massa de calafetar para impermeabilizar frestas do anel e o próprio pavimento permeável a ser testado.

No contexto desta pesquisa não existe um pavimento e sim corpos de prova com 100 mm de diâmetro, o que fez com que fosse criado um anel com esse diâmetro e com 90 mm de altura. O volume de água utilizado foi o mínimo exigido por norma, ou seja, 20 litros. Por se tratar de um corpo de prova e para otimizar os resultados do ensaio, decidi - se usar uma lona de borracha para vedar as laterais do corpo de prova, forçando assim a água que entra no topo do elemento a atravessar o mesmo até o orifício de saída.

No começo do procedimento era realizado uma pré-molhagem no corpo de prova e logo em seguida o volume de água era inserido no elemento e assim o cronômetro começava a contar o tempo, durante o ensaio se buscava-se deixar uma lamina de água entre 20 a 30 mm para manter um ritmo de constância, após a água desaparecer do topo do corpo de prova, a contagem parava, o ensaio era feito em dois corpos de prova do mesmo traço para se fazer uma média do tempo.



Figura 2 e 3: Ensaio com o permeâmetro desenvolvido e corpos de prova usados no ensaio. Fonte: Autor do trabalho.

No cálculo do coeficiente de permeabilidade a NBR considera um pavimento com ótima permeabilidade, quando o coeficiente k é igual ou maior que 10^{-3} (m/s), quando for menor do que este valor o pavimento pode ser de média permeabilidade até impermeável.

No cálculo do coeficiente foi aplicado a seguinte fórmula:

$$k = \frac{C * m}{(d^2 * t)}$$

Onde, “C” é um fator de correção do SI dado na norma como uma constante, “m” é a massa de água em quilogramas, “d” é o diâmetro interno do anel em milímetros e “t” é o tempo em segundos. O resultado (k) é dado em mm/h e pode se converter para m/s para fins de padrão.

Materiais

Os materiais utilizados neste trabalho foram:

- Agregado miúdo e graúdo:** Como agregado miúdo, será utilizada dois tipos: areia grossa adquirida de portos de areia próximos à cidade de Santa Fé do Sul, São Paulo. Como agregado graúdo será utilizada brita 0, proveniente da empresa Mineração Grandes Lagos, localizada em Três Fronteiras, São Paulo. O pó de aço foi obtido em uma empresa que recorta chapas de aço em Santa Fé do Sul - SP e o PET triturado foi obtido por uma empresa de processamento de material reciclado em Fernandópolis – SP
- Aglomerante:** o CP II-E-32, também conhecido como cimento Portland composto por escoria granulada de alto forno será utilizado como aglomerante, já o segundo aglomerante usado será o CP II-Z-32 pela presença da Pozolana e todos os decorrentes benefícios no quesito ganho de resistência.
- Água de amassamento:** A água de amassamento utilizada na produção das amostras será água potável fornecida pelo sistema de abastecimento da cidade de Santa Fé do Sul, São Paulo.
- Superplastificante:** Muraplast FK 830, aplica-se 8% do peso total de cimento.
- Demais equipamentos:** Os equipamentos básicos envolvidos no desenvolvimento do projeto serão: Betoneira, molde cilíndricos para moldagem dos corpos de provas, mesa vibratória e permeâmetro.

RESULTADOS

Na tabela 7 pode-se perceber as modificações que ocorreram em relação ao traço com 100% de areia. Houve influências dos agregados reciclados em relação ao concreto base. Quando a areia era parcial ou totalmente substituída pela PET triturada acontecia uma queda acentuada na resistência, nota-se também, que a falta da vibração foi fundamental para a baixa resistência. Percebeu-se também que o fator água e cimento (a/c) perto de 0,40 influenciou na resistência final deste concreto. Vale ressaltar que esse lote de corpos de prova contou somente com compactação simples seguindo a NBR NM 5739.

Tabela 7. Resultados com cimento CP II-Z sem vibração.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Traço	Composição	a/c	Nº CPs	kN	MPa	Média MPa	Média kN
M2-Z	100% Areia	0,34	3	84,07	10,7	10,10	79,21
				61,51	7,8		
				92,05	11,7		
M4-Z	50% PET / 50% Areia	0,39	3	50,25	6,4	5,80	45,92
				46,23	5,9		
				41,27	5,2		
M6-Z	100% PET	0,38	3	46,72	6	6,32	49,49
				51,72	6,6		
				50,03	6,37		
M8-Z	50% Areia / 50% Pó de aço	0,37	3	90,02	11,5	8,63	64,35
				48,4	6,2		
				64,64	8,2		
M10-Z	100% Pó de aço	0,32	3	70,86	9	8,7	68,48
				62,08	7,9		
				72,52	9,2		

a/c: relação água e cimento.

Tabela 8. Resultados do ensaio de permeabilidade nos traços com CP II-Z.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Traço	Tempo 1 (s)	Tempo 2 (s)	Média (s)	K (mm/h)	K (m/s)
M2-Z	146	162	154	59528,13	1,65x10 ⁻²
M4-Z	164	160	162	56588,47	1,57x10 ⁻²
M6-Z	248	256	252	36378,30	1,01x10 ⁻²
M8-Z	265	287	276	33214,97	9,22x10 ⁻³
M10-Z	178	186	182	50369,96	1,39x10 ⁻²

Pode-se observar que boa parte dos traços são mais drenantes do que o mínimo exigido por norma, e com isso deve-se observar que a ausência da vibração deixou vários maiores nesse lote, e por isto o mesmo não apresenta resultados satisfatórios com exceção do traço M2-Z.

Já na tabela 9 são apresentadas as composições com cimento CP II-E que contou com compactação manual e com compactação com vibração por 5 segundos (por conta de resultados pouco satisfatórios no lote anterior).

Pode-se observar que foram obtidas resistências extremamente satisfatórias que provém de boa parte do método de compactação, dos agregados empregados e até mesmo ao uso do cimento de classe E, pois, o mesmo apresenta um baixo calor de hidratação durante a sua reação inicial e conseqüentemente uma menor perda de água.

Em síntese é possível substituir a areia parcialmente pela PET e até totalmente por pó de aço, pois obtiveram resultados individuais próximos e até superiores quando comparado com o traço base M1 – E.

Tabela 9. Resultados parciais com cimento CPII -E com vibração.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Traço	Composição	a/c	Nº CPs	kN	MPa	Média MPa	Média kN
M1-E	100% Areia	0,34	3	141,85	18,1	18,77	147
				153,5	19,6		
				145,65	18,6		
M3-E	50% PET / 50% Areia	0,36	3	103,5	13,2	12,27	96,08
				106,53	13,6		
				78,22	10		
M5-E	100% PET	0,36	3	54,2	6,9	6,4	50,34
				47,72	6,1		
				49,09	6,2		
M7-E	50% Areia / 50% Pó de aço	0,36	3	156,67	20	17,43	136,57
				126,85	16,2		
				126,19	16,1		
M9-E	100% Pó de aço	0,32	3	159,01	20,2	16,47	129,66
				111,9	14,2		
				118,08	15		

a/c: relação água e cimento.

Tabela 10. Resultados do ensaio de permeabilidade nos traços com CP II-E.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Traço	Tempo 1 (s)	Tempo 2 (s)	Média (s)	K (mm/h)	K (m/s)
M1-E	482	544	513	17870,04	4,95x10 ⁻³
M3-E	480	500	490	18708,84	5,19x10 ⁻³
M5-E	418	478	448	20462,79	5,68x10 ⁻³
M7-E	600	580	590	15537,85	4,31x10 ⁻³
M9-E	480	528	504	18189,15	5,05x10 ⁻³

Nesta tabela nota-se que todos os traços estavam bem balanceados no quesito de permeabilidade e todos com exceção do M5-E, demonstravam uma boa resistência a compressão e uma ótima permeabilidade. O que nos leva a concluir que é possível substituir a areia por materiais alternativos sem abrir mão da resistência e de sua permeabilidade.

CONCLUSÕES

Notou-se que é possível usar o granulado de PET e principalmente o pó de aço sem reduzir significativamente a resistência do concreto, o que pode ser uma solução em regiões onde a areia é rara de se encontrar ou muito cara por conta de sua escassez.

Observou-se que a adoção dos materiais alternativos pode auxiliar em um dos maiores problemas ambientais existentes hoje, os resíduos sólidos, dando uma destinação adequada a esses materiais.

Ficou evidente nesta pesquisa que a compactação é crucial para uma boa resistência porém deve-se saber dosar para não causar o entupimento dos vazios e assim extinguir a função de pavimento drenante.

No caso do pavimento permeável os fatores fundamentais para o sucesso ou fracasso do mesmo são a relação água e cimento, proporção e tipo de agregados, compactação e vibração, proteção do calor externo nos primeiros dias de cura para evitar a perda de umidade de forma acelerada e a utilização de um cimento que tenha baixo calor de hidratação ou seja os cimentos com a sigla “E” no seu nome.

Ainda que o uso e as pesquisas sobre pavimento permeável não sejam populares no Brasil, o mesmo tem um futuro muito promissor nas grandes metrópoles, principalmente em áreas residenciais, pois além de abastecer os lençóis freáticos, ajuda a aliviar a demanda de vazão dos sistemas de drenagem tradicionais podendo evitar, ou pelo menos, amenizar as enchentes que acontecem em áreas pouco permeáveis e causam inúmeros prejuízos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- ABNT. NBR 7211 – 2009. **Agregado para concreto – especificação**. Rio de Janeiro – RJ.
- _____. NBR NM 11578 – 1991. **Concreto – Cimento Portland composto**. Rio de Janeiro – RJ.
- _____. NBR NM 5739 – 2007. **Resistência à compressão axial**. Rio de Janeiro -RJ.



4. _____ .NBR 16416 – 2015. **Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos.** Rio de Janeiro – RJ.
5. BATEZINI, R. **Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves** / R. Batezini - ed. rev. São Paulo: EPUSP, 2013. 133f.
6. ESTEVES, R. L. **Quantificação das Superfícies Impermeáveis em Áreas Urbanas por Meio de Sensoriamento Remoto.**2006, 120p. Dissertação (Mestrado), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade, Brasília, 2006.
7. MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 5º ed. São Paulo: Atlas, 2003.