

## Quantificação do Verde Urbano na Área Urbana da Região Administrativa de Águas Claras, por meio de Modelagem Espectral em Aerofotos Digitais (UltraCamXP)

Wanessa Cristina Bernardo Fernandes<sup>1</sup>  
Gustavo Macedo de Mello Baptista<sup>1</sup>  
Edilson de Souza Bias<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Brasília - UnB/IG  
Caixa Postal 4465 - 70910-900 - Brasília - DF, Brasil  
{gmbaptista, edbias}@unb.br  
wanessa.bernardo@ig.com.br

**Abstract.** This study test the aerophotogrammetric system UltraCam XP to identify the carbon dioxide sink by vegetation in an urban area of Águas Claras, DF. This city is one of the biggest areas under construction in a Latin America. The adopted methodology was the CO<sub>2</sub>flux spectral model, by Rahman et al. (2000) that integrate the NDVI and sPRI. The results showed the urban area have much non photosynthetic than active vegetation. We identify other problem with the geometry of illumination. In shadow areas the results present high photosynthetic activity and in lighter areas, less activity. This problem is caused by sPRI that measure the light use efficiency in a photosynthetic process. We stimulate new studies to better understand the urban vegetation behavior.

**Palavras-chave:** NDVI, sPRI, Carbon Dioxide Sink, NDVI, sPRI, Sequestro de Dióxido de Carbono.

### 1. Introdução

A Região Administrativa de Águas Claras, localizada a 20 quilômetros do centro de Brasília, foi a vigésima região administrativa a ser estabelecida no Distrito Federal do Brasil. Projetada pelo arquiteto e urbanista Paulo Zimbres, começou a ser construída na década de 1990, sendo classificada como região administrativa a partir de 2003 por uma Lei Distrital.

A área urbana, objeto do estudo, apresenta uma área de 9,3 km<sup>2</sup> e apresenta-se com elevada concentração populacional, com cerca de 60 mil habitantes. Contando com 415 edifícios habitados, 158 em construção e 458 lotes livres, totalizando uma amostragem de 1.031 lotes (constantes do projeto original da cidade), podendo ter prédios de até 28 andares, caracterizando um dos maiores canteiros de obras existentes da América Latina, segundo o Informativo sobre Águas Claras de 2009.

A cidade possui um parque com uma área de aproximadamente 0,66 km<sup>2</sup>, com uma pequena reserva de mata de galeria, que acompanha os pequenos cursos d'água que cruzam o mesmo, e dois pequenos lagos. O parque possui algumas árvores frutíferas, plantadas por antigos chacareiros que ali habitavam antes de sua implantação. Recentemente foram plantadas no parque 1.500 mudas de árvores do Cerrado, que fazem parte do Programa de Arborização 2009/2010 do Departamento de Parques e Jardins-DPJ da Novacap (<http://www.novacap.df.gov.br>).

É importante ressaltar que a falta de arborização gera problemas como a baixa taxa de evapotranspiração e de interceptação de parte da água da chuva, além do sombreamento do solo diminuir, consideravelmente, a absorção da radiação solar excessiva que, sendo reemitida promoveria o aquecimento do ar.

As árvores urbanas são eficientes para atenuação do fenômeno das ilhas de calor e para a redução do calor global. Uma árvore plantada na cidade sequestra CO<sub>2</sub>, além dos seus efeitos de liberar vapor d'água na transpiração, produz sombreamento e reduz a temperatura ambiente (Huang et al., 1992) (Figura 1).

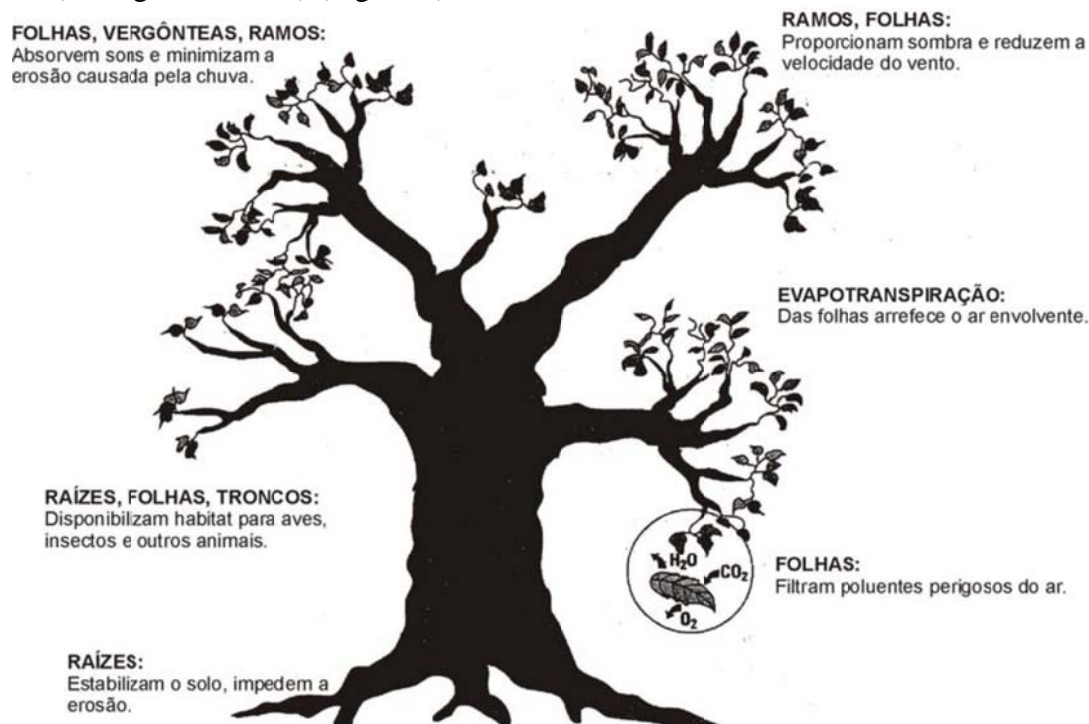


Figura 1 – Papel do verde urbano. Adaptada de Huang et al., 1992.

O presente estudo visa testar a potencialidade das aerofotografias digitais do sensor UltraCam XP para identificar as variações de intensidade da vegetação, por meio do mapeamento do fluxo de CO<sub>2</sub> utilizando o modelo proposto por Rahman et al. (2000). Para tal, utilizou-se a área urbana da Região Administrativa de Águas Claras.

## 2. Material e Métodos

A área urbana da Região Administrativa de Águas Claras (Figura 2) teve seu levantamento aerofotogramétrico realizado em agosto de 2009 com resolução espacial de 0,25m. Essas cenas foram cedidas gratuitamente Terracap, a contratante do voo.

A partir do mosaico ortorectificado das aerofotos 135 e 151 foram desmembradas as quatro bandas do sensor UltraCam XP. A tabela 1 apresenta os dados do sensor.

Tabela 1 – Características do sensor UltraCam XP

Resolução espacial	Até 0,02m	
Resolução radiométrica	16 bits	
Resolução espectral	Intervalo espectral (nm)	
Banda	Pan	380 - 720
	Azul	400 - 600
	Verde	480 - 700
	Vermelho	580 - 720
	NIR	680 - 990

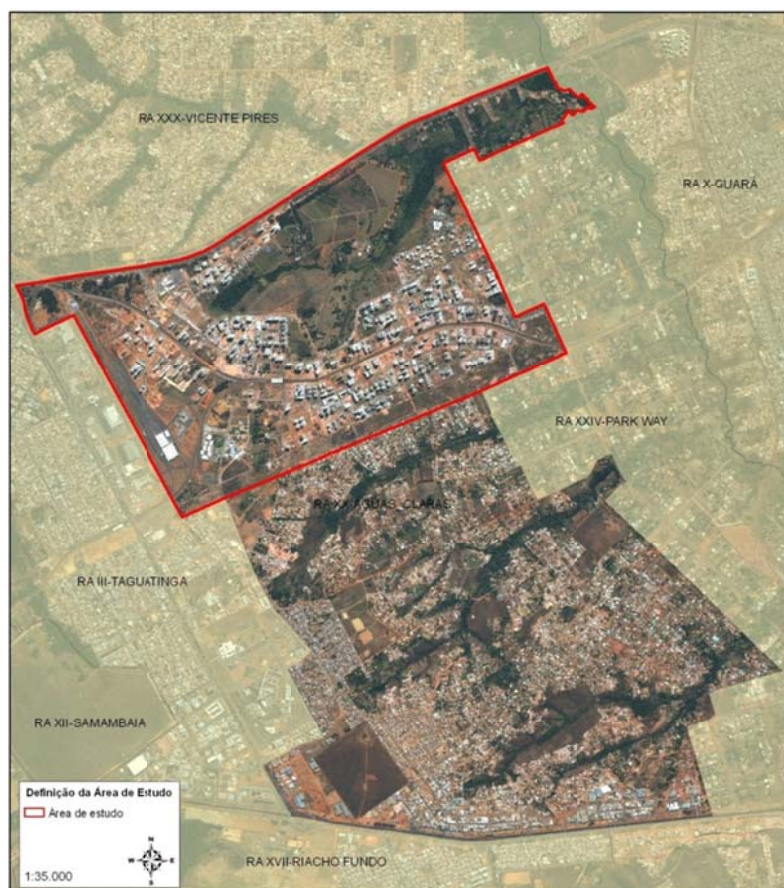


Figura 2 – Localização da área de estudo, a área urbana de Águas Claras destacada em vermelho.

Com a cena selecionadas adotou-se o procedimento de determinação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) (ROUSE et al., 1973), que visa mapear a relação existente entre a absorção de radiação para a fotossíntese na faixa do vermelho e o pico da reflectância que a vegetação apresenta na faixa do Infravermelho próximo, com as bandas 3 e 4 (Equação 1).

$$NDVI = \frac{\text{Banda 4} - \text{Banda 3}}{\text{Banda 4} + \text{Banda 3}} \quad (\text{Eq.1})$$

Para gerar o Índice de Reflectância Fotoquímica (PRI) (GAMON et al., 1997) (Equação 2), que mede a relação existente entre o pico de reflectância da vegetação na região do verde e a absorção da radiação na faixa do azul, foram utilizadas as bandas 1 e 2. Esses procedimentos foram realizados por meio do módulo *transform > NDVI* do Envi.

$$PRI = \frac{\text{Banda 1} - \text{Banda 2}}{\text{Banda 1} + \text{Banda 2}} \quad (\text{Eq.2})$$

A fim de se reescalonar os valores PRI para valores positivos (sPRI) adotou-se o procedimento descrito pela equação 3.

$$sPRI = \frac{PRI + 1}{2} \quad (\text{Eq.3})$$

Para gerar o CO<sub>2</sub>flux realizou-se a multiplicação de sPRI pelo NDVI.

$$CO_2\text{flux} = sPRI \times NDVI \quad (\text{Eq.4})$$

Após a determinação do índice  $CO_2$ flux, utilizou-se o histograma visando separar as áreas fotossinteticamente ativas das não ativas e para a visualização da atividade fotossintética, o resultado do modelo  $CO_2$ flux foi fatiado utilizando o módulo *Density Slice* do Envi.

Finalmente, para calcular as áreas, em  $km^2$ , de cada uma das faixas segmentadas exportaram-se os intervalos por meio do módulo *Band Threshold to ROI*.

### 3. Resultados e Discussão

Como já foi ressaltado, as aerofotos digitais foram obtidas no mês de agosto de 2009, o que normalmente representa o período mais crítico em termos de umidade no Distrito Federal. Porém, o ano de 2009 apresentou um mês de abril atípico como pode se observar na Figura 3, pois a expectativa era de um montante de precipitação da ordem de 100 mm, porém choveu cerca de 250 mm a mais.

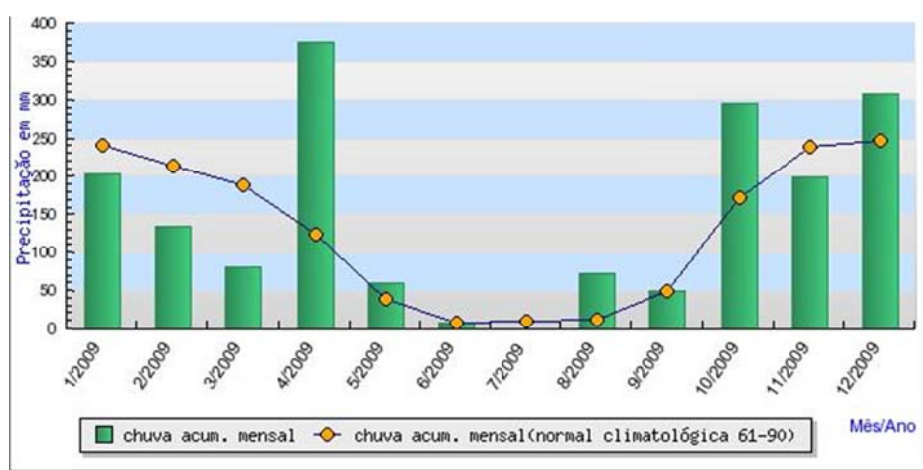


Figura 3 – Comportamento sazonal da precipitação no DF para o ano de 2009 e para as Normais Climatológicas. Fonte: INMET.

Isso acabou reduzindo o déficit do mês de agosto, para algo entorno de 40 mm (Figura 4). Além disso, o mês de agosto apresentou precipitação da ordem de 50 mm. Como a água é fator limitante para os estratos não lenhosos, normalmente a gramínea acaba por apresentar-se normalmente ressecada, o que reduz sua resposta fotossintética. Já as áreas com estratos arbóreos apresentam-se mais fotossinteticamente ativas, pois não apresentam grandes problemas com o déficit hídrico. Isso pode ser percebido no resultado de NDVI (Figura 5).

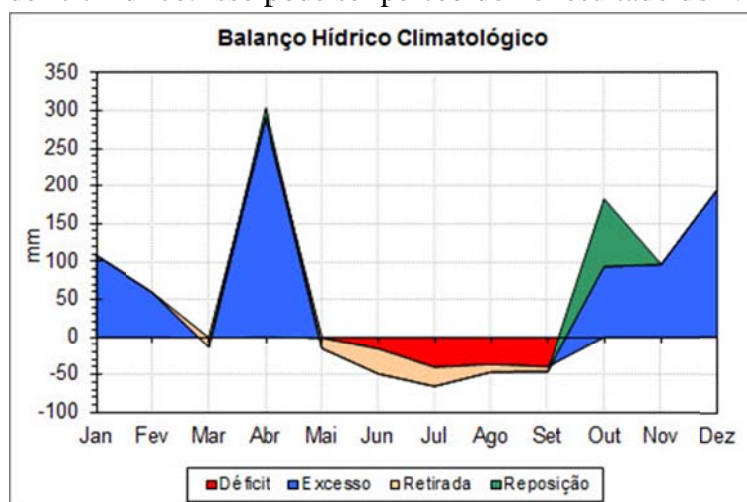


Figura 4 – Balanço hídrico para a Estação Brasília do INMET para o ano de 2009.



Figura 5 – Resultado de NDVI.

As áreas mais claras representam o estrato arbustivo e arbóreo e as maiores concentrações desses valores maiores ocorrem associadas às matas de galeria que tem cursos d'água perenes associados.

O PRI é um índice que mede o uso eficiente da luz no processo de fotossíntese e seu reescalonamento para valores positivos pode ser visualizado na Figura 6. Onde a luz é mais eficiente para a fotossíntese, mais escuro fica na imagem. O NDVI mede uma reflectância em relação a uma absorção. O PRI mede o contrário, uma absorção em relação a uma reflectância. Nota-se que a sombra gerada pelos prédios se destaca por aparecerem mais claras e orientadas no sentido NE-SW, devido à geometria de iluminação. Essa luz baixa quantidade de luz não é eficiente para a fotossíntese.



Figura 6 – Resultado de sPRI.

Como destacam Rahman et al. (2000) a multiplicação de NDVI pelo sPRI permite espacializar o fluxo de CO<sub>2</sub>, chamado por esses autores de CO<sub>2</sub>flux (Figura 7). Esse dado foi fatiado em cinco classes, sendo a primeira agrupando todos os pixels que, teoricamente, não realizam atividade fotossintética (VNFA - vegetação não fotossinteticamente ativa) e as demais, representando as diferentes gradações dessa atividade (VFA - vegetação não fotossinteticamente ativa).



Figura 7 – Resultado de CO<sub>2</sub>flux.

Utilizou-se o histograma da imagem para determinar, por meio das duas modas existentes as áreas díspares em termos de fotossíntese (Figura 8).

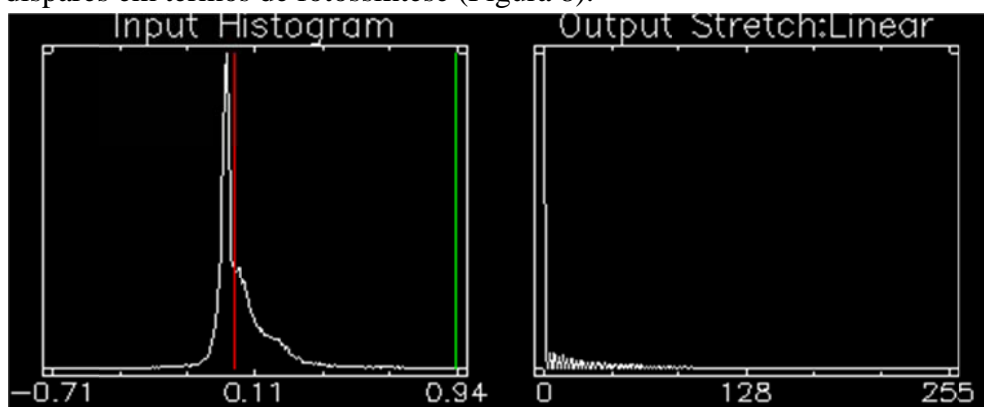
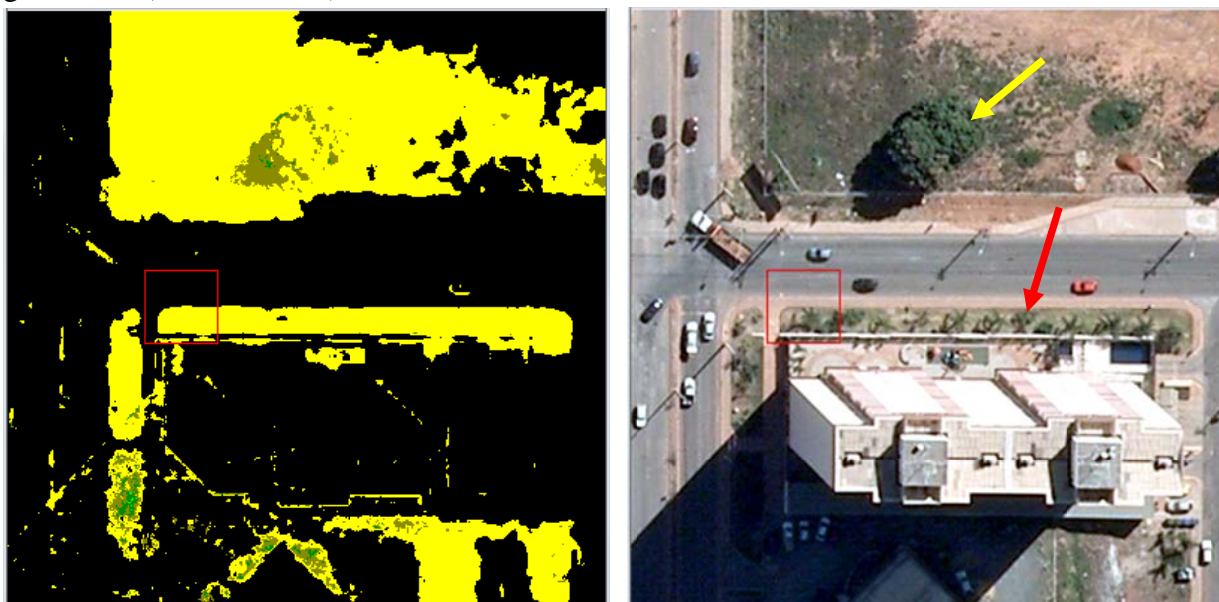


Figura 8 – Histograma da imagem CO<sub>2</sub>flux, com destaque para a linha vermelha que separa a VNFA da VFA.

A VNFA variou de -0,81 a 0,025; a com mais baixa atividade variou de 0,025 a 0,2527, representada pelas gramíneas na cor amarela claro; de 0,2527 a 0,4805 a mais baixa atividade de indivíduos lenhosos (amarelo escuro); seguida da faixa intermediária de 0,4805 a 0,7082 para árvores e arbustos (verde escuro); e, finalmente, de 0,7082 a 0,9446 para os indivíduos mais ativos em termos de fotossíntese (verde claro). A primeira classe VFA apresentou uma área de 3,91 km<sup>2</sup>; a segunda, 0,30 km<sup>2</sup>; a terceira, 0,06 km<sup>2</sup> e a mais fotossinteticamente ativa,

com 0,01 km<sup>2</sup>. Isso demonstra o baixo grau de arborização urbana em Águas Claras, ou seja, numa área de 9,3 km<sup>2</sup>, 4,28 km<sup>2</sup> representam VFA, ou 46,0% da área urbana, sendo que desses, 91% é gramínea, que desempenha pouco os papéis salientados na figura 1.

Outro aspecto importante é que a vegetação escolhida no paisagismo de grande parte dos jardins dos prédios apresenta baixos valores de CO<sub>2</sub>flux. Isso se torna evidente na Figura 9, que destaca a diferença da árvore (seta amarela) que aparecem em amarelo e verde escuros para as palmeiras (seta vermelha) no jardim do prédio que apresentam resposta igual à de gramíneas (amarelo claro).



Legenda da Imagem CO<sub>2</sub>flux






	-0.7121 a 0.0250 – Preto
	0.0250 a 0.2527 – Amarelo
	0.2527 a 0.4805 – Amarelo 3
	0.4805 a 0.7082 – Verde 3
	0.7082 a 0.9359 – Verde

Figura 9 – Destaque da imagem de CO<sub>2</sub>flux e da aerofotos em RGB.

A câmera UltraCam XP apresentou um problema com relação à luminosidade exemplificado na Figura 10. O ponto 1, que é um gramado, há diferença na determinação de CO<sub>2</sub>flux, em relação às áreas iluminada e com sombra. A área com sombra aparenta ter uma atividade fotossintética muito mais ativa que na faixa iluminada. Já no ponto 2, que aparenta ser uma quadra de cimento pintada de verde, a parte iluminada não é considerada fotossinteticamente ativa, mas na sombra alguns pontos são considerados. Isso é devido à presença do sPRI na composição do CO<sub>2</sub>flux, que conforme salientado anteriormente, apresenta seus maiores valores associados à sombra dos prédios. Esse tipo de efeito ainda não havia sido detectado, pois o PRI e seu reescalonamento foram testados em sensores de média e baixa resolução espacial. Com um sensor que pode obter pixels com resolução de 0,02 m esse tipo de “imprecisão” decorrente do maior detalhamento espacial era esperado.



Figura 10 – Análise da geometria de iluminação sobre a determinação do CO<sub>2</sub>flux.

#### 4. Conclusões

O presente estudo permitiu inferir o quanto a especulação imobiliária tem interferido no verde urbano da Região Administrativa de Águas Claras.

O modelo de Rahman et al. (2000) mostrou-se eficiente para medir o comportamento fotossintético da vegetação nas diferentes faixas.

A câmera UltraCam XP, apesar dos problemas salientados, mostrou-se uma ferramenta poderosa para esse tipo de modelagem espectral.

Novos estudos devem ser incentivados para que as autoridades competentes fiquem atentas à necessidade da preservação de elementos de qualidade ambiental urbana como um dos aspectos importantes das políticas públicas para áreas em expansão, como Águas Claras.

#### Agradecimentos

A Terracap pela cessão dos dados.

#### Referências

Gamon, J. A.; Serrano, L.; Surfus, J. S. The photochemical reflectance index: an optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutrient levels. *Oecologia*, vol. 112, pp. 492-501, 1997.

Huang, J.; Ritschard, R.; Sampson, N.; Taha, H., 1992. The Benefits of Urban Trees. In: Akbari, H.; Davis, S.; Dorsano, S.; Huang, J.; Winnett, S. (Eds), *Cooling Our Communities. A Guidebook On Tree Planting And Light-Colored Surfacing*. U.S. Environmental Protection Agency, Climate Change Division, Washington D.C.

Rahman, A.F. et al. Modeling CO<sub>2</sub> flux of boreal forests using narrow-band indices from AVIRIS imagery. AVIRIS Workshop, JPL/NASA, Pasadena, Califórnia, 2000.

Rouse, J.W.; Haas, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: *Proceedings of the Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3rd*, Washington. Washington: NASA, v.1, p.309-317, 1973

Site da Novacap disponível em:

<[http://www.novacap.df.gov.br/003/00301015.asp?ttCD\\_CHAVE=95702](http://www.novacap.df.gov.br/003/00301015.asp?ttCD_CHAVE=95702)> Acesso em 06 de novembro de 2010.

Informativo Sobre Águas Claras (2009) - Site oficial da Administração Regional de Águas Claras disponível em: <<http://www.aguasclaras.df.gov.br/>> Acesso em 11 de maio 2010.