



Degradação do manguezal influenciada pelo uso do solo no município de Roteiro-AL: subsídios para a educação ambiental

Beatriz Alves Ribeiro – UFAL/Campus Arapiraca/UE Penedo
Janiele Pulquerio Santos – UFAL/Campus Arapiraca/UE Penedo
Alexandre Ricardo de Oliveira – UFAL/Campus Arapiraca/UE Penedo
Milena Dutra da Silva – UFAL/Campus Arapiraca/UE Penedo

RESUMO

Este artigo objetivou a análise da degradação do mangue do município de Roteiro, Alagoas, para a construção de diretrizes em educação ambiental orientada para o mangue. Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Para a detecção de degradação efetuou-se uma análise comparativa imagens dos anos de 2004 e 2016, considerando os usos e ocupações e a condição biológica do mangue (pigmentos fotossintetizantes e estresse hídrico) foram utilizados os índices NDVI, tasseled cap- verdor, NDWI e tasseled cap- umidade. O mangue de roteiro apresentou expansão da cobertura vegetal, entre as décadas analisadas. No entanto, os resultados apontam para uma condição de degradação e desequilíbrio ambiental. Orienta-se que ações de educação ambiental sejam desenvolvidas no âmbito da divulgação de conhecimentos e de práticas para preservação do mangue para restabelecimento do equilíbrio ambiental.

Palavras-chave: Índices de vegetação, educação ambiental, cobertura vegetal.

1 . Introdução

O manguezal é um ecossistema costeiro de formação florestal, que ocorre em áreas do litoral tropical, em uma zona de transição entre o continente e o mar. É caracterizado pela alta salinidade, solo lodoso, com baixa circulação de oxigênio e alta concentração de matéria orgânica. Apresenta em sua composição florística espécies halófitas, com vegetação de porte arbóreo, arbustivo e rasteiras (Schaeffer-Novelli, 1995).

Nas últimas décadas, o manguezal tem sido alvo de várias modificações que implicam na demanda por solo desnudo para atividades antrópicas, como a agricultura e a urbanização. Essas ações, quando dadas de forma desarmônica, e em áreas ciliares, implicam na supressão da vegetação natural, que se encontra cada vez mais fragmentada, diminuindo assim a interação da comunidade biológica (seres vivos) com os fatores ambientais (abióticos), influenciando na redução dos tipos de habitat, da biodiversidade e dos serviços ambientais, além aumentar os efeitos de borda fazendo com que a vegetação seja mais suscetível aos fatores ambientais e antrópicos (DANTAS, 2017). Lacerda (2004) destaca que as “áreas adjacentes” dos manguezais são as áreas nas quais se evidenciam usos e conflitos ambientais decorrentes da expansão imobiliária e da carcinicultura.

O manguezal em Roteiro, Alagoas, além de estar incluso no domínio Mata Atlântica, considerado um dos mais ameaçados do Brasil, apresenta usos do solo, em sua vizinhança imediata, que implicam em cenários preocupantes de degradação ambiental (DANTAS, 2017).

Leff (2009) destaca que a educação não deve preparar o indivíduo para aceitar as dúvidas e incertezas sobre os desastres ambientais, deve, antes, colaborar para a construção de respostas aos problemas ambientais, considerando os processos que constituem seu estilo de vida.

Vale ressaltar que, para uma análise mais precisa da degradação ambiental e dos impactos do desmatamento no ecossistema, além do mapeamento e análise da paisagem, deve-se atentar para a condição biológica da vegetação (pigmentos fotossintetizantes e conteúdo de água na folha/dossel) e consequente indicações de estresse.

Desse modo, o presente artigo visa analisar a degradação do manguezal, com ênfase no desmatamento arbóreo, no município de Roteiro, com fins de produzir dados locais e atualizados que fomentem a educação ambiental. Nesse sentido, o trabalho sugere discussões que podem ser debatidas em sala de aula.

2. Materiais e Métodos

Área de estudo

830000.000 840000.000

8910000.000 8900000.000

ROTEIRO

0 1 2 3 4 5 km

N

Legenda

Alagoas

Limite Municipal

Roteiro

SISTEMAS DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS
WGS 84 UTM ZONA 24 S
EPSG: 32724
Elaboração: Beatriz Alves Ribeiro
Orientação: Milena Dutra da Silva

UNIVERSIDADE DE ALAGOAS
1961

LAVANC
Laboratório de Análise de Vegetação e Ambiente
Laboratório de Análise de Vegetação e Ambiente

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Para o desenvolvimento da pesquisa foram efetuadas visitas *in loco* (para

Para conhecimento dos usos do solo em áreas de vizinhança imediata ao mangue, foram considerados 2 km de borda do mangue, a contar da margem dos fragmentos de mangue, em orientação ao continente. Foram identificadas as diferentes classes de uso da terra, e quantificadas as suas áreas de cobertura para a década de 2000 e de 2010.

Para conhecimento dos usos do solo em áreas de vizinhança imediata ao mangue, foram considerados 2 km de borda do mangue, a contar da margem dos fragmentos de mangue, em orientação ao continente. Foram identificadas as diferentes classes de uso da terra, e quantificadas as suas áreas de cobertura para a década de 2000 e de 2010.

Para o diagnóstico da condição biológica da vegetação, foram obtidas imagens de satélite pela plataforma USGS (*United States Geological Survey*), sensor OLI (*Operational Land Imager*), correspondente a outubro de 2016. AS imagens de satélite foram trabalhadas no software *Qgis* para correção atmosférica e determinação dos índices vegetativos.

Para a determinação da condição biológica da vegetação, considerando os pigmentos fotossintetizantes, foram utilizados o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), e *tasseled cap-verdor* (Liu, 2007).

- Para o cálculo de NDVI foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} + \text{RED}}{\text{NIR} - \text{RED}}$$

Sendo:

NDVI, o Índice da Vegetação por Diferença Normalizada; NIR, Reflectância da faixa do infravermelho próximo (0,725 a 1,10 μm); e R, Reflectância da faixa do visível (0,4 a 0,7 μm).

Já para determinação do *tasseled cap*, foram consideradas as bandas 2,3,4,5,6 e 7, contendo as informações sobre a mudança espectral do solo, como: *brilho*, *umidade e verdor*. Assim, após a correção atmosférica das bandas, houve a multiplicação de cada banda pelo seu coeficiente, e em seguida houve a soma de todas elas para a obtenção do índice. Dessa forma, o cálculo dos índices procedeu-se com a seguinte operação:

Índices	Banda 2 (Azul)	Banda 3 (Verde)	Banda 4 (Vermelho)	Banda 5 (Nir)	Banda 6 (Swir)	Banda 7 (Swir 2)
Verdor	-0,2941	-0,243	-0,5424	0,7273	0,0713	-0,1608
Umidade	0,1511	0,1973	0,3283	0,3407	-0,7117	-0,4559

Para determinação da condição biológica da vegetação, considerando a condição hídrica foram utilizados: a) o NDWI (*Normalized Difference Water Index*), que indica a disponibilidade de água presente na vegetação (interior da folha/dossel); e a umidade da superfície, através da determinação de *tasseled cap-umidade* (Liu, 2007). É importante destacar que o manguezal tem como característica a forte influência das marés,

implicando em uma disponibilidade hídrica para a vegetação que é muito variável. Por isso, adotamos ambos os índices com fins de minimizar possíveis equívocos de interpretação da condição hídrica da vegetação.

- Para o cálculo de NDWI foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{NDWI} = \frac{\text{banda3} - \text{banda4}}{\text{banda3} + \text{banda4}}$$

Sendo:

NDWI: Índice de vegetação por Diferença da Água; Banda 3: Reflectância espectral da faixa do verde (0,55 µm); e Banda 5: Reflectância espectral da faixa do infravermelho próximo (0,725 a 1,10 µm).

3. Resultados e Discussão

O mangue do município de Roteiro apresenta composição florística composta por *Avicennia shaueriana* Stapf & Leechm, *Laguncularia racemosa* Linnaeus e *Rhizophora mangle* Linnaeus, sendo esta última encontrada em maior abundância.

Em uma análise comparativa, observa-se que a área de mangue, da década de 2000 a 2010, expandiu (Figura 2). Em 2004, o mangue totalizava 11,5 km² e, no ano de 2016, essa área aumentou para 17,3 km². Esse aumento pode estar vinculado a existência da RESEC dos Manguezais da Lagoa de Roteiro, que é uma unidade de conservação exclusivamente dos manguezais.

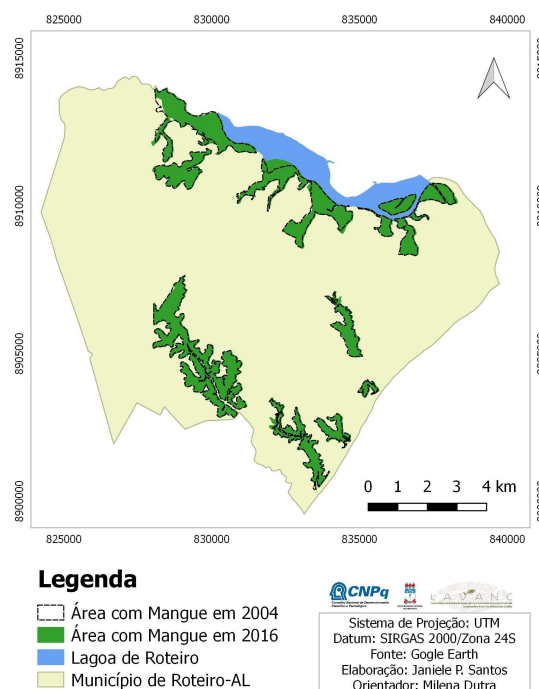


Figura 2 - Cobertura de mangue no município de Roteiro-AL, nas décadas de 2000 e meados da década de 2010.

Ainda que o mangue em Roteiro tenha se expandido, de 2004 a 2016, foram detectadas algumas áreas nas quais o mangue foi substituído por outros elementos, como o plantio de coco, plantio de cana-de-açúcar e pela ocupação urbana. Esta substituição pode estar relacionada ao fato de que grande parte da economia no município é baseada na exportação das monoculturas, além de uma expansão urbana vinculada ao turismo, outro segmento forte na região. A substituição de mangue totaliza uma área de 0,166 km², sendo 0,03 km² correspondente a ocupação urbana; 0,032 km², a plantio de coco; e, com a maior área substituição de mangue correspondente ao plantio de cana-de-açúcar com 0,104 km² (Figura 3).

O desmatamento em áreas adjacentes aos manguezais no município é um problema ambiental que, caso não seja inibido, pode acarretar em danos ambientais irreversíveis. Haja vista a fragilidade ambiental e a importância desse ecossistema, em 1965, com a criação do código florestal (Lei nº 4771, de 15 de setembro), os manguezais passaram a ser considerados Áreas de Proteção Permanente (APP). É oportuno recordar que em 1985 a resolução nº 04 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), transformou em Reservas Ecológicas as Áreas de Preservação Permanente (APP), incluindo os manguezais (SANTO, 2004).

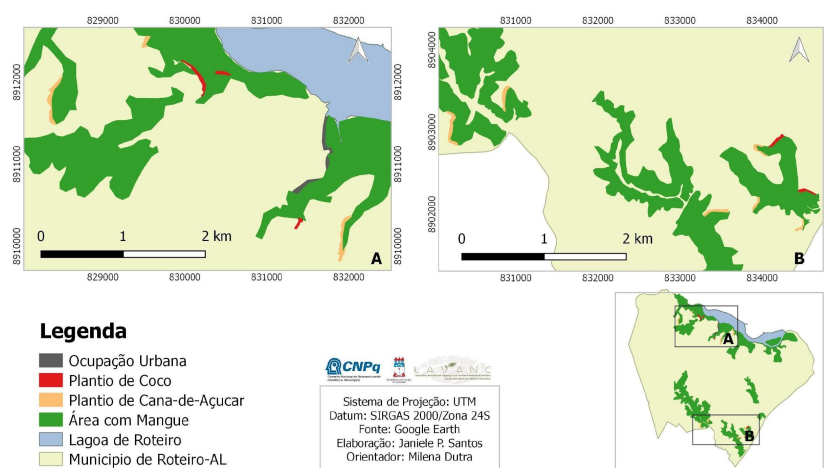


Figura 3 - Desmatamento de mangue no município de Roteiro-AL e inserção de culturas e ocupação urbana, ano de 2016.

Ao analisar a condição biológica da vegetação quanto aos pigmentos fotossintetizantes, observa-se que os valores de NDVI e *Verdor* são variáveis na paisagem (Figura 4). Esses valores correspondem a concentração de clorofila presente na estrutura interna foliar, a despeito disso, quanto mais próximo for de 1, mais densa é a vegetação e/ou o número de células fotossinteticamente ativas. O valor mais baixo, por sua vez, indica áreas não vegetadas (água ou solo desnudo) ou, ainda, vegetação rasteira, muito comum nas bordas de mangue, em áreas de transição, e/ou áreas de “clareiras” (PONZONI, 2010).

Os resultados de NDVI e *Verdor* indicam, ainda, que fragmentos de mangue em maior proximidade à Lagoa do Roteiro (fragmentos a norte, na porção superior da (Figura 4) apresentam menor produção fotossintética que aqueles fragmentos mais distanciados da lagoa. Constata-se, ainda, que esses fragmentos de mangue ocorrem em vizinhança direta com o plantio de cana-de-açúcar e, em menores proporções, dada em proximidade ao plantio de coco.

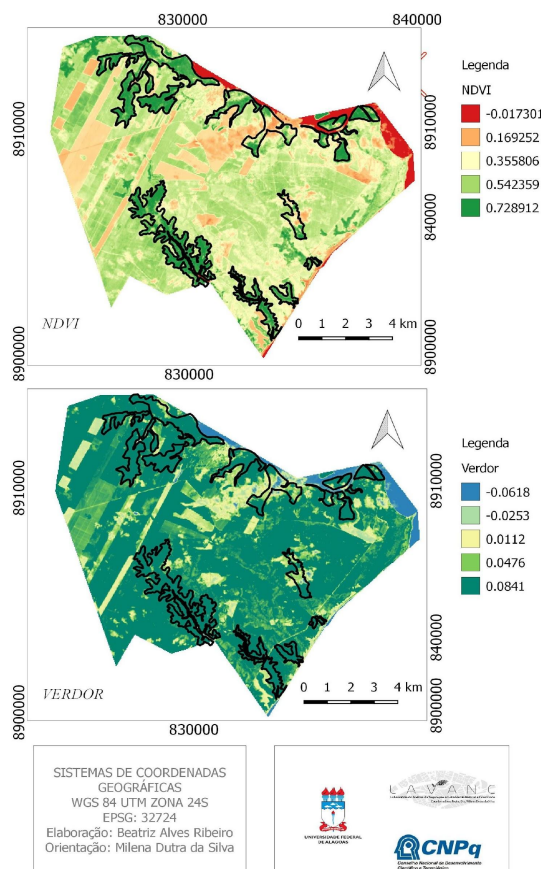


Figura 4 - NDVI e *verdor* para o mangue no município de Roteiro-AL, Brasil. Imagem LANDSAT 8, 20/10/2016.

Quanto a condição biológica da vegetação vinculada quanto ao conteúdo hídrico, o mangue de Roteiro também apresentou variação de valores de NDWI, indicando fragmentos em estresse hídrico ou em condições favoráveis de hidratação. Os valores de NDWI variaram entre -0,624 e 0,104 (Figura 5), com fragmentos de mangue em condição de estresse hídrico exibindo valores negativos. Esse estresse hídrico, baseado no NDWI, é uma condição predominante no mangue, para a data analisada, excetuando fragmentos de mangue em vizinhança direta com o plantio de cana-de-açúcar. Vale destacar que, a evapotranspiração (perda de água do interior da planta/folha para o ambiente externo), estabelece-se como um processo vinculado à fase inicial da fotossíntese (Taiz e Zeiger, 2004). Nesse sentido, o NDWI, para o mangue estudado, apresenta valores inversamente proporcionais ao NDVI.

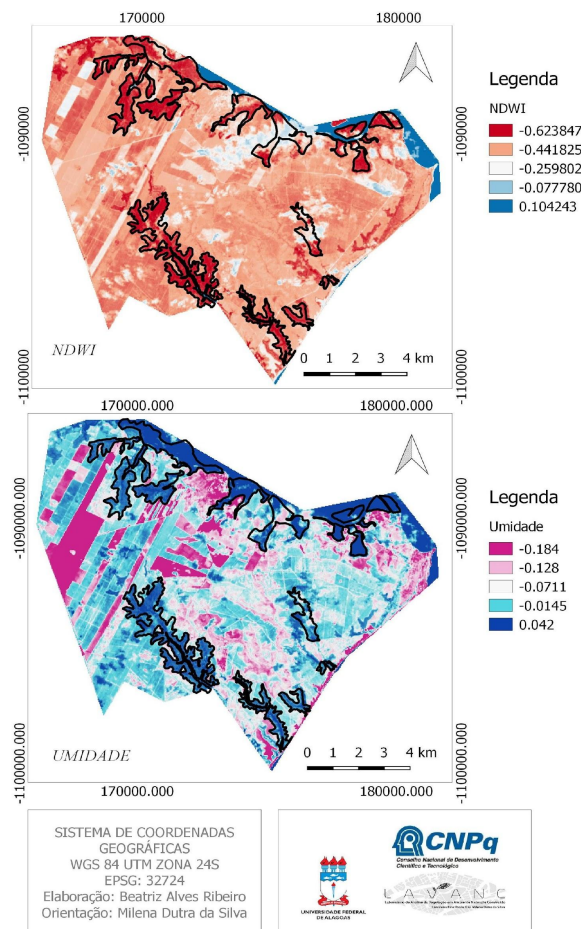


Figura 5. NDWI e Tasseled cap-umidade para uma área de mangue do município de Roteiro-AL, Brasil. Imagem LANDSAT 6, 20/10/2016.

Ao analisar a umidade da superfície, considerando os valores de *tasseled cap-umidade*, observa-se que, nas superfícies correspondentes a cobertura de mangue, apresentam-se valores variáveis entre -0.184 e 0.042 (Figura 5), com valores mais altos (maior umidade) em áreas próximas aos cursos hídricos, superfícies inundadas, e/ou em áreas de maior proximidade ao mar. Constata-se que a área tem superfícies predominantemente úmidas, devido ao intenso regime de marés. Por outro lado, superfícies que estão mais próximos da borda dos fragmentos, sob maior exposição ao vento, incidência solar, mais afastadas de um corpo hídrico, e em maior proximidade ao plantio, apresentam menor umidade.

Ao confrontarmos os resultados de NDWI e *tasseled cap-umidade*, observa-se que o mangue apresenta disponibilidade hídrica na superfície, inclusive em áreas nas quais a vegetação apresenta-se em estresse hídrico (Figura 5). Destaca-se, ainda, que, nas superfícies das áreas de mangue, circundadas por plantio de cana-de-açúcar, a umidade é diminuta. Healey et al. (2005) apontam que os menores valores de umidade (*tasseled cap-umidade*) são úteis para a indicação de áreas perturbadas.

Problemas ambientais e diretrizes para a educação ambiental orientada para o mangue

O estudo do mangue, incluindo o mapeamento, a dinâmica espaço-temporal, a identificação de usos antrópicos em substituição da vegetação natural, além da investigação da condição biológica do mangue (fotossíntese e conteúdo hídrico), fornecem conhecimentos úteis para a educação ambiental. Além de constituir um debate inter e multidisciplinar, tais dados e informações subsidiam políticas ajustadas a necessidade local, para além daquelas ações básicas, no entanto, um tanto generalistas.

Pontua-se aqui que o município de Roteiro apresenta uma das maiores áreas com mangue no litoral sul de Alagoas, com expansão da cobertura vegetal na última década. Esse aumento de vegetação pode também estar relacionado ao desenvolvimento de políticas públicas que se aplicam aos manguezais, como áreas de proteção ambiental. No entanto, esse aumento de área verde deve ser melhor analisado, visto que pode ter

sido em consequência da diminuição do aporte de água doce (vazão e pluviosidade), do aumento da salinização e de nutrientes na água (decorrente do despejo de efluentes, manejo de solo para culturas em áreas próximas etc).

Nas comunidades próximas aos fragmentos de mangue em Roteiro, de modo geral, há escassez de saneamento básico. Em todo o município, apenas 6,7% das residências possuem esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2017). Estudos indicam que o despejo de nutrientes (esgotamento) contribuem para o crescimento e a expansão do mangue, principalmente aquelas pertencentes ao gênero *Rhizophora*, que acumulam maior teor de matéria orgânica (Twilley et al. 1995).

Uma outra problemática ambiental evidenciada neste estudo foi a substituição de vegetação de mangue por usos antrópicos (plantio de coco, cana-de-açúcar e ocupação urbana). De acordo com o Decreto Estadual 32.355 de 1987, de criação da RESEC de Manguezais da Lagoa do Roteiro, tais usos e ocupações seriam proibidos, mas sob égide da lei federal do código florestal, mais da metade de área de mangue em Roteiro poderia ser substituída.

Frente aos problemas ambientais aqui explanados, evidencia-se a necessidade de ações de remediação e, sobretudo, de prevenção de danos ambientais ao manguezal, com fim de minimizar a ocorrência de danos irreversíveis. Vislumbra-se na educação ambiental uma das soluções para a prevenção de tais problemas. Neste sentido, recomendamos como diretrizes a uma educação ambiental voltada para o mangue:

- ✓ Ações de divulgação de conhecimentos sobre o mangue (o mapeamento, a dinâmica espaço-temporal, os conflitos ambientais decorrentes de usos e ocupações, dados de desmatamento, perturbação ambiental, condição biológica da vegetação, além de informações sobre o ecossistema manguezal). Enfatiza-se a necessidade de utilização de dados locais, em proximidade com o público-alvo;
- ✓ Ações de mediação e articulação entre os saberes populares (a experiência e a cultura) e acadêmicos;
- ✓ Ações de educonscientização que problematizem o papel de cada estudante/ator social para o desenvolvimento sustentável;
- ✓ Ações de orientação e incentivo a fiscalização cidadã, como a divulgação de meios de denúncia de crimes ambientais vinculados ao mangue;

✓ Ações que estimulem os estudantes/atores sociais a manifestarem apoio na proteção ambiental do mangue; etc.

Importante destacar que os dados e informações aqui apresentados possuem correspondência, sobretudo, como os temas biodiversidade, ecossistema e ecologia. Sendo assim, compatíveis com os conteúdos escolares do ensino fundamental II. Em específico para o município de Roteiro, os estudantes desse nível escolar correspondem ao maior número entre os matriculados nas escolas públicas municipais.

Sugere-se, ainda, o desenvolvimento de projetos contínuos, com foco na preservação dos manguezais, e criação de cursos, oficinas e palestras nas escolas. Recomenda-se a adoção de ações na perspectiva do desenvolvimento sustentável, mostrando que os recursos naturais podem ser utilizados de forma sustentável, sem causar a escassez ou extinção dos recursos.

Lauro e Farrapeira (2008), ao realizar uma pesquisa em educação ambiental, com enfoque em manguezal, com estudantes do ensino fundamental de uma escola pública, apontam a necessidade da utilização da experiência e conhecimento prévio dos estudantes, para ações de ampliação e construção de novos saberes. Esses, em uma perspectiva de educação ambiental, conduzirão a práticas e ações para um desenvolvimento sustentável.

4. Conclusão

Conclui-se, diante da análise da degradação do mangue em Roteiro, que são necessárias ações de divulgação de seu status. Essas informações (o mapeamento, a dinâmica espaço-temporal, os conflitos ambientais decorrentes de usos e ocupações, dados de desmatamento, perturbação ambiental, condição biológica da vegetação, além de informações sobre o ecossistema manguezal) configuram uma produção atualizada e que pode fomentar ações em educação ambiental.

Os dados de condição biológica (pigmentos fotossintetizantes e conteúdo hídrico na folha/dossel) apontam a necessidade desse tipo de análise para detecção de áreas de estresse ambiental, com bioindicação alicerçada no comportamento funcional do vegetal. Em suma, este tipo de análise excede as possibilidades de diagnóstico e monitoramento de um simples mapeamento da cobertura ambiental. Assim, identifica-se

condições de estresse da vegetação, reforçando a necessidade de ações em educação ambiental para mitigar efeitos e sintomas, por vezes, invisível ao olho humano em campo e/ou para uma curta escala de tempo.

Torna-se cada vez mais necessário agregar esses conhecimentos com ações e saberes da educação ambiental. O jovem que entende as consequências da degradação, a importância da preservação poderá atuar ativamente para a resolução de problemas ambientais, bem como na prevenção destes, construindo uma formação cidadã que presa pelo desenvolvimento sustentável.

Assim, a educação ambiental atuaria nesse sentido, como modeladora do saber da comunidade, visto que essa depende dos recursos naturais ofertados pelo mangue e necessitam obter um pouco mais de conhecimento sobre técnicas de manejo e conservação dos recursos naturais.

Referências

DIAS, M.H.B. **Distribuição de Matéria Orgânica, Nitrogênio e Fósforo de uma Secção Transversal do Manguezal no Estuário da Baía de Vitória.** Vitória, 2005.

HEALEY, S. P.; COHEN, W. B.; ZHIQIANG, Y.; KRANKINA, O. N. **Comparison of Tasseled Cap-based Landsat data structures for use in forest disturbance detection.** JO - Remote Sensing of Environment, Volume 97, Issue 3, Pages 301-310, 2005.

IBGE. Município de Roteiro: Panorama. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/al/roteiro/panorama>. Acesso em 17/09/2017.

LIU, William. **Aplicações de Sensoriamento Remoto.** Editora UNIDERP. Campo Grande-MS. 2007.

LEFF, Enrique. **Complexidade, Racionalidade Ambiental e Diálogo de Saberes.** Revista Educação & Realidade, 2009. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=317227055003>>

MIRANDA, A.M; MARINHO, A.S; FARIAS, C.S.S; MEIRELES, A.J. **O Valor do Manguezal: Educação Ambiental como Instrumento Social-Praia de Mundaú-Trairí/CE.** Edição especial. Revista de Educação Ambiental, vol. 2. Rio Grande, 2016.

NOVELLI, Y.S. **Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar**; Carribean Ecological Research. São Paulo. 64p. 1995.

PONZONI, Flávio; SHIMABUKURO, Yosio. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. Editora Arêntese. São José dos Campos-SP. Edição 2010.

RODRIGUES, L.L. ;FARRAPEIRA, C. M. R.; RODRIGUES, R.O.L. . **Percepção e educação ambiental sobre o ecossistema manguezal incrementando as disciplinas de ciências e biologia em escola pública do Recife-PE**. Investigações em Ensino de Ciências (Online), v. 13, p. 79-93, 2008.

DANTAS, M.S.; ALMEIDA, N.V.; MEDEIROS, I. dos S.; SILVA, M.D. **Diagnóstico da vegetação remanescente de Mata Atlântica e ecossistemas associados em espaços urbanos**. Journal of Environmental Analysis and Progress. V. 02. 2017.