



**XXIV SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GIA/20

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

**GRUPO - XI**

**GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS - GIA**

**RADAR AEROTRANSPORTADO PARA MONITORAMENTO DE IMPACTOS AMBIENTAIS**

**Rafael A.S. Rosa(\*)    Karlus A.C. Macedo    João B. Nogueira    Dieter Lübeck    João R. Moreira**  
**BRADAR                      BRADAR                      SAE                      BRADAR                      BRADAR**

**RESUMO**

Várias técnicas de monitoramento ambiental têm sido criadas e empregadas em todo o mundo, entretanto, com limitações relacionadas às condições climáticas, não surtindo o efeito esperado. É nesse sentido que o uso do SAR (radar de abertura sintética) mostra-se mais adequado, devido sua independência das condições atmosféricas e de iluminação. Este trabalho apresenta os resultados e a análise da aplicabilidade do monitoramento de impactos ambientais por SAR aerotransportado dentro do escopo dos projetos de sustentabilidade da Santo Antônio Energia, incluindo o monitoramento de desflorestamento, monitoramento de macrófitas, monitoramento de erosão a justante da barragem e detecção de áreas inundadas.

**PALAVRAS-CHAVE**

Monitoramento ambiental, Imagens multitemporais, Radar de abertura sintética, Sensoriamento remoto, Processamento de imagens

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O uso do sensoriamento remoto objetivando o monitoramento da dinâmica da terra já é uma realidade. Atualmente existem diversos projetos que se utilizam dos sensores e das técnicas de sensoriamento remoto para, por exemplo, monitorar, do degelo no ártico ao desmatamento na floresta amazônica. Uma das grandes vantagens do sensoriamento remoto é permitir o monitoramento de grandes áreas de forma rápida e eficiente. À medida que as técnicas evoluem, os dados obtidos se tornam cada vez mais precisos.

Basicamente, um projeto de sensoriamento remoto recai nas escolhas dos sensores e técnicas a serem utilizados. Em nossos projetos de monitoramento ambiental utilizamos radares de abertura sintética (SAR) aerotransportados. Uma das razões principais para essa escolha, se baseia no fato de que tais sensores possibilitam um alto grau de flexibilidade na definição da periodicidade de voos de aquisição, diferentemente dos satélites que possuem uma periodicidade pré-definida pela órbita espacial. Além disso, atualmente, apenas sensores aerotransportados possuem transmissores e receptores radar na Banda P, na faixa de 450MHz. Tal frequência é de suma importância para aplicações em floresta densa, pois frequências mais baixas são capazes de penetrar pelas copas das árvores e gerar reflexões suficientemente fortes do terreno abaixo delas.

O monitoramento de desflorestamento e corte seletivo é um projeto piloto em andamento na SAE (Santo Antônio Energia) e que tem como objetivo detectar e localizar as áreas de preservação ambiental que estão sofrendo desmatamento irregular. A detecção e localização de possíveis áreas de desflorestamento são feitas de forma remota e automática por meio de um sistema SAR aerotransportado, o OrbiSAR da empresa Bradar. Tal sistema envolve o sistema radar que gera imagens da superfície do terreno em banda X (9,95GHz) com resolução de 1,0x1,0m obtidas mensalmente, e envolve um software dedicado que varre as imagens radar de forma automática

(\*) Av. Shishima Hifumi, 2911, Bradar, Pq.Tecnológico – CEP 12.244-000 São José dos Campos, SP – Brasil  
Tel: (+55 12) 3202-2700 – Fax: (+55 12) 3202-2701 – Email: rafael.rosa@bradar.com.br

em busca de áreas que sofreram mudanças, sendo este o indicativo de uma possível ação irregular. Identificados os possíveis pontos de desflorestamento, esses sofrem uma análise humana mais detalhada e se constatados problemas, uma visita ao local é providenciada.

O monitoramento de erosão é um projeto piloto que consistiu em adquirir mensalmente imagens radar de deformação de terreno na ordem de centímetros às margens do rio Madeira a jusante da barragem de SAE. O monitoramento durou um período de um ano. As imagens de deformação foram obtidas pelo sistema interferométrico diferencial de banda P (portadora de 450MHz) do OrbiSAR cuja resolução espacial das imagens SLC (single-look complex) geradas é de 1,5x1,5m. Posteriormente foi realizada uma análise temporal dos interferogramas diferenciais e obtida a série temporal da deformação da superfície ao longo do rio. Paralelo à aquisição e processamento radar foram realizados medidas pontuais em campo com o objetivo de compará-las com as medidas radar e compreender os processos geodinâmicos que ocorrem a jusante da barragem. Os resultados mostram certo grau de correlação entre o medido e observado em campo e revelaram a extensão espacial e magnitude da dinâmica da erosão fluvial a jusante do rio Madeira.

Por fim, esse trabalho conjunto entre a Bradar e a SAE revelou também a capacidade de se detectar macrófitas por meio das imagens amplitude de banda P e X. Resultados mostram que comparando as imagens obtidas simultaneamente em banda X e P é possível identificar as macrófitas pelo radar e assim monitorá-las de forma remota. Além disso, o trabalho com interferometria de banda P diferencial revelou também ser possível detectar a variação do nível d'água abaixo das copas das árvores. Resultados relacionados à identificação de manchas de inundação revelam o potencial dessas observações para o monitoramento de inundações.

## 2.0 - MONITORAMENTO DE DEFLORESTAMENTO, CORTE SELETIVO E MACRÓFITAS

Um dos temas mais discutidos na atualidade é o referente às mudanças climáticas pelas quais passa o nosso planeta. E um dos fatores de maior relevância entre os que se candidatam como causadores dessas mudanças é o desmatamento das florestas tropicais em todo o mundo. Apenas citando como exemplo a Floresta Equatorial Amazônica, o desmatamento médio dos últimos anos tem sido de 5 mil km<sup>2</sup>/ano (1). Esse panorama faz com que cada vez mais órgãos e instituições busquem medidas de fiscalização para a diminuição e prevenção de desmatamentos. No Brasil, os principais programas com essa finalidade são o PRODES (Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal) – o maior programa de monitoramento de florestas do mundo – e o DETER (Detecção do Desmatamento em Tempo Real), ambos do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2), que fazem o monitoramento através de imagens de satélites. Esses programas têm demonstrado sua relevância, entretanto, possuem duas limitações devido aos sensores utilizados: a resolução das imagens, que é de 15m; e a incapacidade de imagear regiões cobertas por nuvens (3). No início desses programas, houve uma redução no ritmo do desmatamento na Amazônia, entretanto, após o conhecimento de suas limitações pelos infratores, a taxa de desmatamento voltou a crescer através da utilização de artifícios invisíveis aos sensores: o corte seletivo, que é o corte de árvores isoladas e espalhadas com o intuito de dificultar a identificação; e o desmatamento em períodos de chuva, nos quais os sensores ópticos possuem restrição de imageamento devido às nuvens (3). É nesse sentido que a detecção de mudanças por meio de imagens de radar, em especial o SAR (Radar de Abertura Sintética), mostra-se como o melhor sistema para o monitoramento de florestas tropicais e equatoriais, graças a sua independência das condições climáticas sem perder a alta resolução. O objetivo desse projeto foi aplicar uma metodologia capaz de detectar mudanças na superfície dentro de um intervalo de tempo a partir de orto-imagens SAR com aquisições temporalmente espaçadas, entretanto, idênticas quanto à geometria (multi-temporais). A meta foi identificar regiões onde houve algum tipo de alteração, como por exemplo, aparecimento de clareiras em áreas de vegetação, trilhas, alterações nas bordas das florestas, cortes seletivos, crescimento de pastos, plantios e demais dinâmicas do uso do solo.

A metodologia aplicada foi a composição RGB de orto-imagens SAR: a banda R é composta da orto-imagem SAR mais antiga e as bandas G e B são iguais e possuem a orto-imagem SAR mais recente, dessa forma, as regiões em vermelho representam áreas em que houve diminuição do retorno do sinal do radar da primeira para a segunda aquisição, ou seja, áreas onde os alvos “desapareceram” (como por exemplo, árvores cortadas), as regiões em ciano (verde + azul) representam áreas em que ocorreu o contrário, isto é, áreas em que o retorno do sinal do radar aumentou devido ao “surgimento” de alvos (por exemplo, crescimento de pasto) e as regiões em tons de cinza representam áreas onde não houve nenhuma mudança significativa.

As figuras a seguir apresentam exemplos de orto-imagens SAR do sensor aerotransportado OrbiSAR-2 da Bradar, obtidas na região de Porto Velho-RO em 2013, com indicações de mudanças através dessa metodologia de composição RGB. A Figura 1 apresenta três imagens: (a) e (b) são orto-imagens SAR obtidas com 1 mês de intervalo entre elas; e (c) apresenta uma composição RGB dessas mesmas orto-imagens, seguindo a metodologia descrita no parágrafo anterior. Nessa última imagem, as regiões em vermelho correspondem a um desmatamento e as regiões em ciano representam áreas em que houve crescimento de pasto. A Figura 2 mostra a capacidade do SAR em detectar o corte seletivo: essa figura também é uma composição RGB de duas orto-imagens SAR adquiridas com 1 mês de intervalo entre elas, gerada com o mesmo princípio da imagem (c) da Figura 1, ou seja, as regiões em vermelho representam as árvores cortadas. Nessa imagem, as regiões em ciano representam áreas

em que o retorno do sinal do radar aumentou, ou seja, áreas onde os alvos “apareceram” (árvores que estavam ocultas no primeiro imageamento e ficaram expostas no segundo). Na Figura 3, tem-se em (a) uma composição RGB de duas aquisições multi-temporais identificando um desmatamento nas margens do Rio Madeira e em (b) a fotografia aérea da respectiva região obtida logo após a segunda aquisição, comprovando a detecção. E finalmente, na Figura 4, tem-se um composição RGB de duas aquisições multi-temporais demonstrando a dinâmica de macrófitas no Rio Madeira.

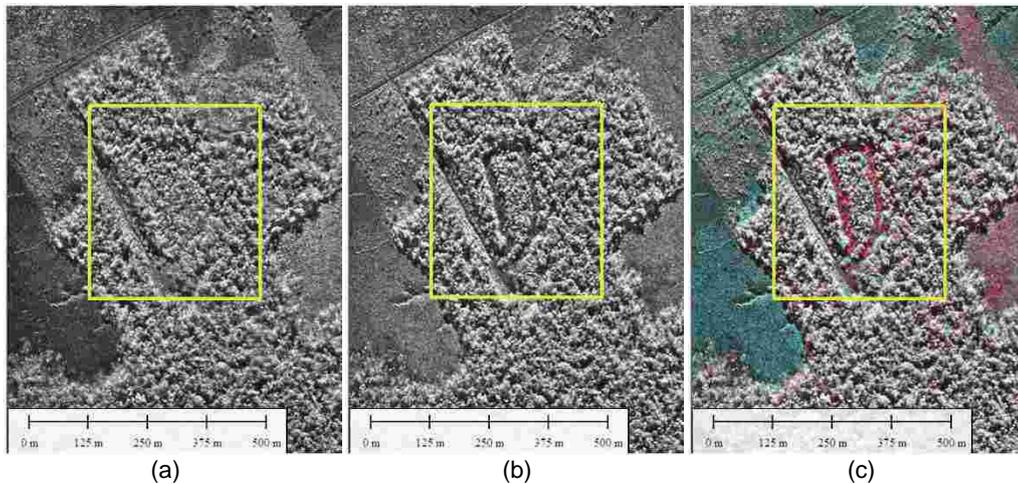


FIGURA 1 – Orto-imagens SAR obtidas pelo sensor OrbiSAR-2 em 23/09/12 (a) e 20/10/12 (b); e sua composição RGB (c)

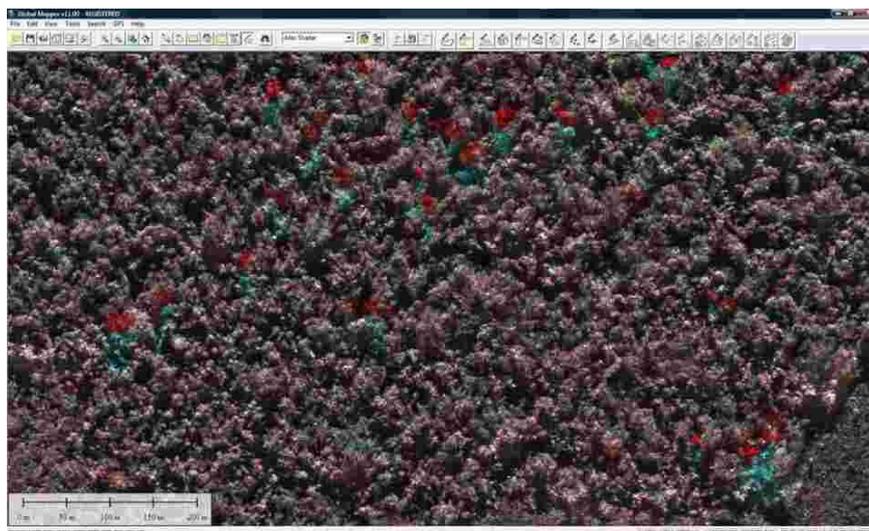


FIGURA 2 – Composição RGB de orto-imagens SAR multi-temporais indicando o corte seletivo em vermelho e o surgimento de alvos em ciano

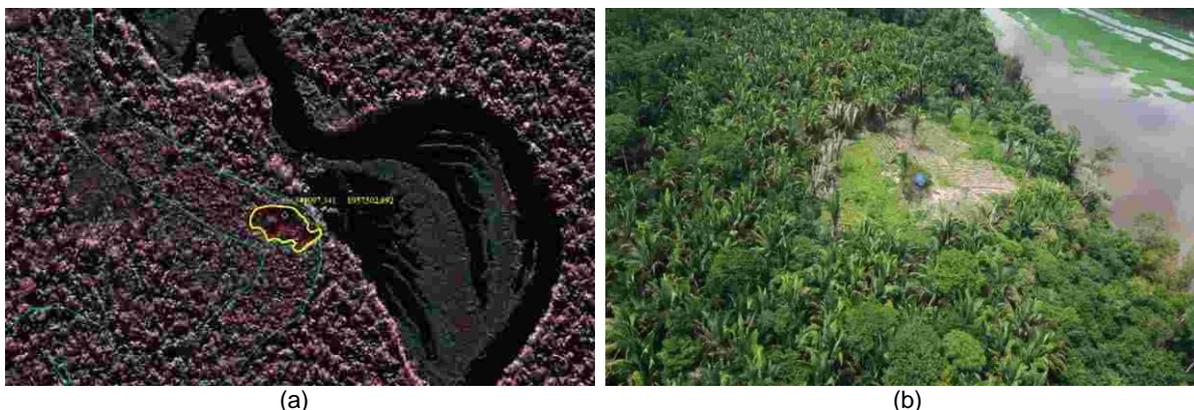


FIGURA 3 – Composição RGB de orto-imagens SAR multi-temporais indicando desmatamento na região delimitada pelo contorno amarelo (a) e respectiva fotografia aérea da área desmatada (b)

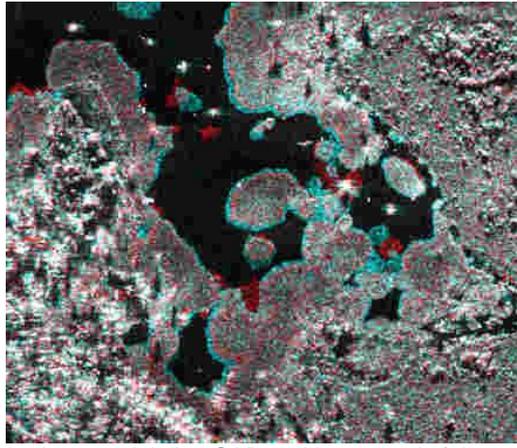


FIGURA 4 – Composição RGB de duas aquisições SAR multi-temporais feitas pelo sensor OrbiSAR-2 da Bradar demonstrando a dinâmica de macrófitas no Rio Madeira

As orto-imagens utilizadas cobriam uma área de cerca de 2mil km<sup>2</sup> e foram adquiridas em 48 meses a partir de setembro de 2012, com 1,0m de resolução planimétrica. Para se testar a metodologia, comparou-se seus resultados com os dados de referência criados manualmente por operadores experientes a partir da análise das aquisições multi-temporais e com amostras coletadas em campo. Para medir-se a acurácia da detecção em relação à referência, selecionou-se aleatoriamente nessa área, por meio de sorteio, 20 pares de orto-imagens SAR multi-temporais com 0,25 km<sup>2</sup> (500 x 500 pixels) não-vizinhas e sem intersecção entre si. Calculou-se a acurácia de todas as 20 regiões selecionadas e, posteriormente, a acurácia média, obtendo-se o valor de 97,49%.

### 3.0 - MONITORAMENTO DE EROSIÃO

O principal objetivo deste projeto foi avaliar o potencial do Radar de Abertura Sintética (SAR) para o monitoramento de processos erosivos e de sedimentação, nas margens do canal fluvial do rio Madeira. A metodologia empregada foi a da Interferometria Diferencial (DInSAR) – que consiste da medição da variação da altura do terreno a partir do cálculo da diferença de fase do sinal do radar em duas aquisições temporalmente espaçadas; e da diferença de modelos digitais de superfície (DSM) da banda X. Para que a interferometria seja realizada é necessária a obtenção de um par de dados da mesma cena, da mesma forma que são os pares estereoscópicos. Neste trabalho, os pares de dados SAR interferométricos na banda P foram adquiridos a partir de duas passagens, ou seja, em dois sobrevoos, com o avião realizando a mesma linha de voo. Já os pares de dados SAR interferométricos na banda X foram adquiridos em uma única passagem. Ambas as aquisições ocorreram mensalmente durante o período de um ano, cobrindo exatamente a mesma área. Após a aquisição dos dados, modelos digitais de elevação (DSM) multitemporais foram gerados e a técnica DInSAR foi aplicada para geração de séries temporais com os dados da banda P. Devido à sua capacidade de atravessar a vegetação foi possível, com esta banda, obter informações do terreno abaixo da floresta. No caso específico da DInSAR, desvios residuais decimétricos entre as linhas de voo planejada e real foram compensados para estimar uma movimentação do terreno e garantir uma acurácia da ordem de 3cm (4).

Para a aplicação desta técnica optou-se por dois caminhos distintos: o primeiro deles, orientado a descobrir como movimentos centimétricos do terreno, que estejam associados a processos erosivos ao longo das margens do rio, podem ser identificados e mensurados a partir de dados de interferometria diferencial SAR (DInSAR) obtidos com a banda P do radar; o segundo, a partir da geração de séries temporais de modelos digitais de superfície (DSM) com o objetivo de identificar mudanças abruptas ao longo das margens do rio, que ocorrem em escala macrométrica, principalmente aquelas associadas ao solapamento das margens fluviais.

Paralelamente à aquisição dos dados interferométricos, foram realizadas campanhas em campo, cujos objetivos principais eram entender a dinâmica dos processos geomorfológicos ocorridos e obter verdades de campo dos movimentos da superfície associados a algum processo erosivo. Posteriormente, estas medições feitas em campo foram comparadas com aquelas obtidas a partir da técnica DInSAR na banda P, conforme a metodologia proposta, com o objetivo de avaliar e validar os resultados alcançados.

A Figura 5 apresenta o mosaico DInSAR, do movimento do terreno acumulado, de toda região monitorada entre agosto de 2015 ( $t_0$ ) e fevereiro de 2016 ( $t_6$ ), e a correspondente imagem do Google Earth®. Foram feitas medições em 20 áreas, identificadas nessa imagem. A análise foi direcionada a pequenas regiões de interesse (ROIs) de 400x400m, que encobrem toda a extensão da maioria dos movimentos ocorridos.

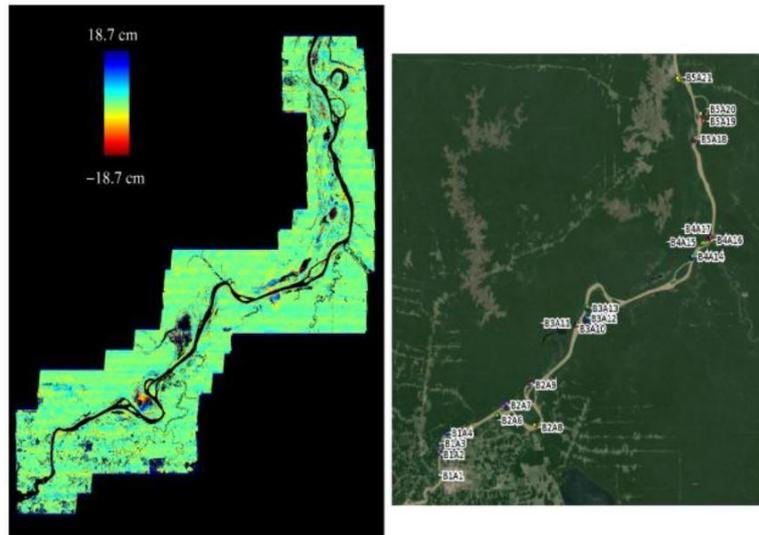


FIGURA 5 – Mosaico DinSAR (esquerda) e sua correspondente imagem do Google Earth® (direita). As 20 áreas de medidas de campo também estão identificadas

A Figura 6 mostra a série temporal das medições DinSAR de um ROI, onde as campanhas de campo foram realizadas. As imagens DinSAR estão sobrepostas às imagens amplitude SAR geradas na banda X e às curvas de nível geradas a partir do modelo digital de superfície (DSM) da banda X gerado neste trabalho, ambos obtidos pelo mesmo sensor aerotransportado durante as campanhas de voo.

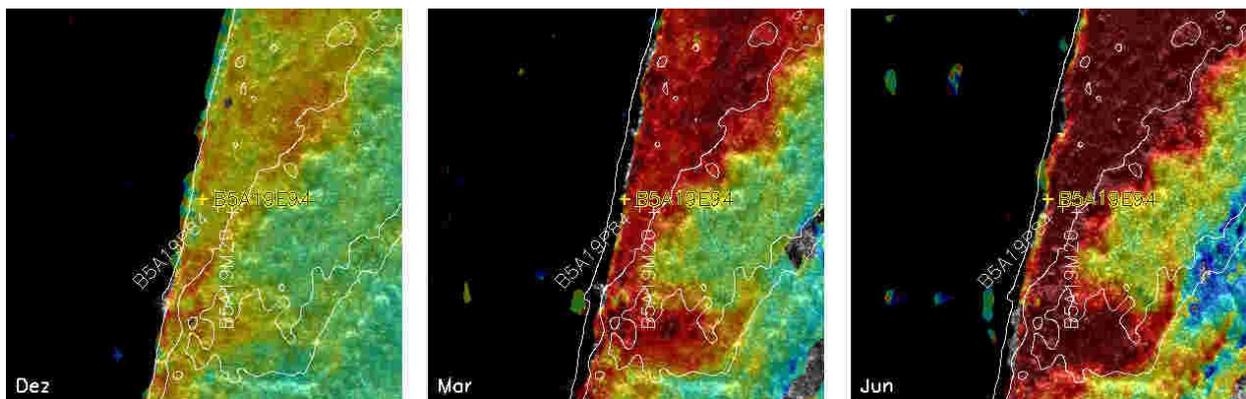


FIGURA 6 – Série temporal da técnica DInSAR mostrando a evolução da dinâmica do movimento. As cores avermelhadas indicam movimentos descendentes da superfície em escala centimétrica. A cruzeta amarela indica a posição da estaca de medição

As medidas de campo são relativas a agosto de 2015, e possuem referência zero. As primeiras aquisições de radar com movimentos acumulados de terreno começaram em outubro de 2015 e foram até julho de 2016. O nível d'água alcançou seu máximo em março, como mostram as observações em campo.

Tanto o DInSAR quanto as medidas de campo mostram que o terreno está movendo-se para baixo. Esta é uma indicação de que um possível processo de erosão esteja acontecendo. De fato, a Figura 7 mostra uma sequência fotográfica de agosto de 2015 de uma das margens do rio, no qual alguns pontos coletados em campo estão localizados. Um processo de piping pode ser claramente identificado. De acordo com as imagens DInSAR e com as imagens da Figura 7, os movimentos ganharam velocidade entre janeiro e março de 2016.

Finalmente, de maneira a avaliar e validar a aplicação da tecnologia DInSAR na medição de movimentos da superfície, os dados radar obtidos a partir do processamento interferométrico foram comparados com as medições e observações feitas em campo. Num primeiro momento, foi avaliado o desempenho do sensor SAR apenas na indicação de movimentos da superfície. Nesta análise foram consideradas as indicações positivas, dentro do desvio padrão, para os movimentos verticais de subida ou descida da superfície. Ou seja, foi considerado acerto quando o mesmo vetor de movimento foi constatado tanto no dado do radar quanto na medida de campo. Os resultados atestaram que de um total de 405 medidas efetuadas durante todas as campanhas de campo, 83% das movimentações indicadas pela DInSAR foram iguais ao movimento constatado em campo.



FIGURA 7 – Sequência fotográfica com exemplo de um processo denominado de piping. A percolação da água na base da encosta potencializa os movimentos que ocorrem no topo da mesma

A segunda análise se concentrou na magnitude dos movimentos. Neste caso, foram considerados os movimentos identificados na mesma direção que se encontravam dentro da margem de erro, ou seja, do desvio padrão de 3cm. Das 405 medidas efetuadas, verificou-se que 66% se encontravam dentro dos limites estabelecidos para o desvio padrão. Ou seja, mesmo que as medidas não apresentassem valores idênticos, a proximidade dos valores indicou acerto da DInSAR na magnitude do movimento. Entre as razões que podem ser elencadas para explicar essa correlação entre as medidas e a diminuição do acerto (em torno de 66%) em relação às magnitudes, podem ser citadas: (1) As medidas de campo são pontuais, enquanto que o radar mede a média dos movimentos em uma célula de resolução de 17m x 17m. (2) Em campo, foram medidos os movimentos verticais e os movimentos planimétricos relativos às linhas de margem do rio, os quais geralmente são orientados no plano leste-oeste, enquanto que o radar realiza medições somente na direção de visada direta entre o terreno e o avião (inclinada em relação à horizontal), que é afetada tanto pelos movimentos horizontais quanto pelos verticais, dentro do plano norte-sul. (3) Em alguns casos, foram identificados movimentos nas áreas onde se localizavam as estacas de referência para as medidas de campo, assumidas neste trabalho como estáveis, como revelado pelas imagens DinSAR da Figura 7. Nesses casos, as medidas de campo provavelmente devem estar subestimando os movimentos. (4) É importante citar também fontes externas de interferência nas medidas do radar, como por exemplo a umidade do solo; até hoje, ainda não existe uma compreensão total do grau de interferência da umidade do solo nas medidas DInSAR (5). De maneira geral, constata-se que a tecnologia DInSAR apresenta resultados positivos em várias situações, principalmente quando se analisa a série histórica dos dados SAR onde é possível identificar os fenômenos de alteração das margens.

#### 4.0 - DETECÇÃO DE ÁREAS INUNDADAS

Em 2014, o Rio Madeira registrou as maiores cheias observadas em todas as estações fluviométricas da bacia (6). Com o aumento do volume do rio, áreas de seu entorno acabam sendo inundadas, podendo causar danos tanto aos habitantes que residem na sua proximidade quanto ao próprio meio ambiente. Essas áreas inundadas podem existir tanto em áreas abertas, ou seja, com ausência de vegetação, como em áreas de mata fechada, como florestas. Monitorar a quantidade de água presente nessas áreas é de suma importância na prevenção e controle de impactos ambientais.

O monitoramento das regiões inundadas localizadas em áreas abertas é facilitado através da utilização de imagens que podem ser obtidas por sensores ópticos, já que, por não haver a obstrução das copas das árvores que impedem a sua identificação, a vetorização pode ser realizada sem maiores problemas. Porém, as regiões de mata fechada tornam-se um verdadeiro desafio, pois as copas das árvores dificultam ou impedem a sua visualização através deste tipo de imagem e, conseqüentemente, o seu monitoramento. Para sanar este problema, a tecnologia SAR permite, através do monitoramento com radar e aquisições temporalmente espaçadas (multi-temporais), identificar, delimitar e monitorar as linhas de contorno das áreas inundadas, também denominadas manchas de inundação, tanto em regiões com ausência de vegetação como em regiões de mata fechada. Isso é possível devido às características particulares de penetrabilidade das ondas eletromagnéticas geradas pelo radar, principalmente as bandas X e P. No caso de regiões abertas, a banda X, com alta resolução espacial, permite a identificação e a vetorização precisa dos rios e corpos d'água visíveis. Já para as regiões de mata fechada, é utilizada a banda P, que possui a característica de penetração através das copas das árvores, permitindo a identificação de água abaixo da floresta.

O objetivo deste projeto foi justamente apresentar um método que utiliza imagens de radar para a vetorização da mancha de inundação tanto em áreas abertas como em áreas de mata fechada. Quando o radar emite um sinal de banda P em uma área com vegetação inundada, esse sinal atravessa a copa das árvores, encontra a água (que não possui rugosidade) e este sinal que, a princípio, não retornaria para o radar, rebate nos caules de árvores existentes e retorna ao radar. Isso faz com que o sinal retorne de maneira mais forte, gerando um brilho mais intenso nestas áreas (próximo da cor branca). Para estes casos, de vegetação inundada, a imagem de banda X

não tem grande contribuição, já que, em sua resposta, é possível a identificação apenas das copas das árvores. A Figura 8 mostra os casos citados.

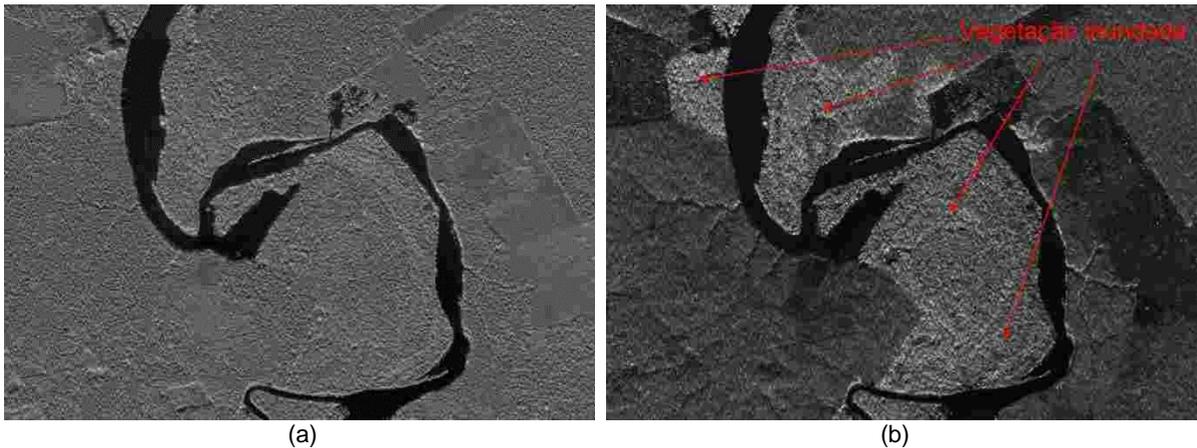


FIGURA 8 – Imagem banda X, onde não é possível a percepção da vegetação inundada (a) e Imagem P, mostrando claramente a vegetação inundada (b)

Vetorizou-se as manchas de inundação observadas e comparou-se os resultados obtidos com 20 pontos de controle coletados em campo, obtendo-se um erro médio de 2,86m e um desvio padrão de 4,12m. A Figura 9 exhibe a mancha de inundação vetorizada a partir do método proposto, assim como a localização e representação dos pontos de controle coletados em campo ao longo do reservatório.

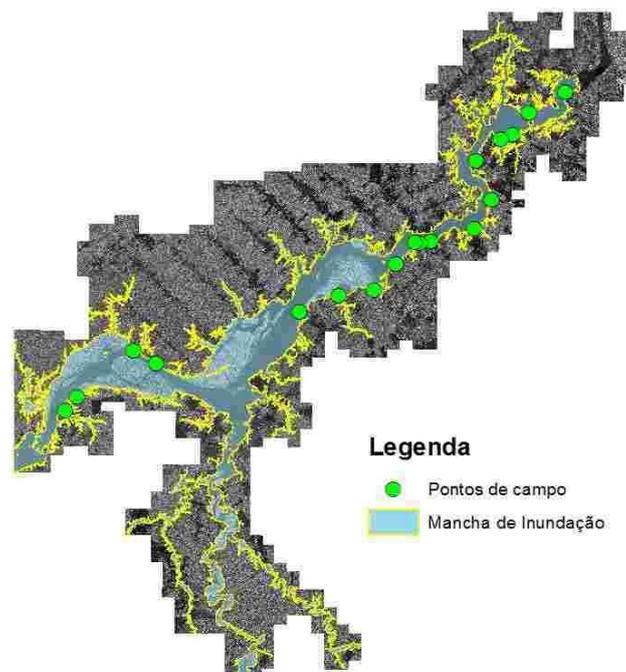


FIGURA 9 – Mancha de inundação e pontos de controle coletados em campo sobre a imagem de amplitude de banda P

## 5.0 - CONCLUSÕES

A partir dos resultados de todos esses projetos realizados, constatou-se a eficiência da tecnologia de sensoriamento remoto SAR para aplicações de monitoramento de impactos ambientais, devido principalmente as suas vantagens: independência das condições climáticas e capacidade de penetração nas florestas. É uma tecnologia que vem sendo aplicada há mais de 4 anos e que mostra-se bastante vantajosa, também por sua velocidade e competitividade.

Além de tudo isso, é importante salientar a sua gama de aplicabilidade. Com um mesmo sensor e com as mesmas aquisições de dados multitemporais, foi possível realizar 3 projetos bem distintos e independentes entre si: a detecção de mudanças (desmatamento e macrófitas), a detecção de erosão e ainda a detecção de áreas

inundadas sob a vegetação.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) BRAGANÇA, D., PEGURIER, E. Especialistas comentam o aumento do desmatamento na Amazônia. <http://www.oeco.org.br/noticias/27784-especialistas-comentam-o-aumento-do-desmatamento-na-amazonia>.
- (2) O ECO. INPE comemora aniversário e celebra 25 anos do PRODES. <http://www.oeco.org.br/noticias/27506-inpe-comemora-52-anos-de-existencia>.
- (3) MILESKI, A. DETER, PRODES e o desmatamento na Amazônia. <http://panoramaespacial.blogspot.com.br/2008/08/deter-prodes-e-o-desmatamento-na.html>.
- (4) MACEDO, K.A.C., WIMMER, C., BARRETO, T.L., LÜBECK, D., MOREIRA, J.R., RABACO, L.L.M., OLIVEIRA, J.W. Long-term airborne DinSAR measurements at X-and P-Bands: A case study on the application of surveying geohazard threats to pipelines. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 5(3), 2012.
- (5) ZWIEBACK, S., HENSLEY, S., HAJNSEK, I. Assessment of soil moisture effects on L-band radar interferometry. *Remote Sensing of Environment*, 164, 2015.
- (6) GAMBETTI, D.L.G. A cheia do Rio Madeira: causas e consequências na UHE Santo Antônio e região. [http://www.abrh.org.br/icfm6/apresentacoes/16\\_09\\_11h00\\_delfino\\_luiz.pdf](http://www.abrh.org.br/icfm6/apresentacoes/16_09_11h00_delfino_luiz.pdf).

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Rafael A.S. Rosa nasceu em São José dos Campos, SP, em fevereiro de 1981. Formado em Engenharia Eletrônica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) em 2004, recebeu o título de Mestre em Ciências pelo mesmo instituto em 2010, onde é atualmente estudante de Doutorado. Desde 2013 é Engenheiro de Desenvolvimento Master da divisão de Sensoriamento Remoto da Bradar Indústria S.A. (antiga Orbisat), onde trabalha desde 2004, em São José dos Campos, atuando na área de Radar de Abertura Sintética (SAR). Suas áreas de interesse incluem sistemas SAR de cartografia de precisão, processamento SAR e detecção de mudanças multitemporais. Recebeu a Láurea Lacaz Neto com o melhor Trabalho de Conclusão de Curso do ITA em 2004, e o Prêmio de Melhor Trabalho do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto em 2015.