

RASTREAMENTO VIA SATÉLITE DE ANIMAIS: PERFORMANCE DO SISTEMA ARGOS EM DIFERENTES SITUAÇÕES

JOSÉ EDUARDO MANTOVANI¹
JOSÉ EDUARDO DOS SANTOS²
JOSÉ SALATIEL RODRIGUES PIRES²

¹INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
manto@ltid.inpe.br

²UFSCar - Universidade Federal de São Carlos
Rodovia Washington Luís, km 235 – Cx. Postal 676, CEP 13565-905 – São Carlos- SP, Brasil

Abstract. Argos system for tracking mobile targets is a very useful tool for monitoring free ranging animals over large areas, or migrating animals, or animals in difficult places to monitor, as low density road area or the ocean. This powerful tool can be used to monitor the cardiac rhythm, activity daily pattern, velocity, and light environment around the animal for example. This paper describes an Experiment realized at Northeast São Paulo State, Brazil, in order to determine the performance and the associated error of animal location by the Argos System. An ST-14 PTT (Telonics) configured for cougar tracking was placed in several places where vegetation cover, land use, and slope were different. Climate was variable too, alternating between sunny and rainy days. Results showed markedly influences of the variables, being the worst cases the Pinus vegetation and the high slope, and the better cases the Cerrado vegetation and the sunny days. Although satellite monitoring of animals have been used all around the world, it is restricted to about only 2 experiments in Brazil.

Keywords: animal tracking, satellite animal tracking, Argos system, animal telemetry, radio-telemetry.

1. Introdução

A telemetria de animais via satélite é um pouco mais recente do que a telemetria convencional. No início da década de 70 foram feitos os primeiros testes utilizando transmissores na faixa de UHF, colocados em Alces, e rastreados por satélites da série Nimbus. O conjunto formado pelo transmissor, baterias e colar pesava cerca de 11 Kg, o que limitava o seu uso a apenas animais muito grandes.

O desenvolvimento levou ao Sistema Argos, resultante da cooperação entre o Centro Nacional de Estudos Espaciais (CNES) da França, a Agência Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA) e a Agência Nacional de Oceano e Atmosfera (NOAA) dos EUA (ARGOS, 1998). Ele compõe-se de 4 segmentos: a) segmento espacial, ou seja os satélites da NOAA; b) o segmento terrestre de aquisição e processamento dos dados; c) o segmento das plataformas transmissoras (PTT, coleiras), e d) o segmento de distribuição dos dados aos usuários (CLS/Argos).

Dados como temperatura do ar ou da água, precipitação pluviométrica, nível de maré, pH da água, umidade do ar, luminosidade, por exemplo, podem ser coletados por plataformas automáticas fixas ou móveis e transmitidos pelos satélites, juntamente com a localização no momento da transmissão (Argos, 1998). Estes sistemas de rastreamento também são usados no estudo de deslocamentos e migrações de animais (Antas, 1997; Lavenu et al., 1990; Gross e Guichard, 1989) e também de correntes, que influenciam a dispersão e distribuição dos organismos marinhos (Wolanki e Hammer, 1988).

No monitoramento de animais podem ser transmitidos dados de localização, da frequência cardíaca, temperatura corporal, atividade e mortalidade entre outros (Antas, 1997; Priede e French, 1991).

Entretanto apenas o tuiuiú (*Jabiru mycteria*) no Pantanal (Antas, 1997) e tartarugas marinhas pelo Projeto TAMAR (Thome, 2002) foram monitorados no Brasil pelo sistema Argos.

Nas latitudes da região sudeste a órbita dos satélites permite um número médio de 8 boas passagens por dia com o uso de 2 satélites. Os sinais recebidos durante a passagem dos satélites são utilizados para identificar (por meio de um código digital) e determinar a posição do transmissor (por meio do efeito doppler). O Argos fornece uma estimativa grosseira do erro de localização, classificando os dados em 4 classes: classe 0 para erro maior que 1000 m; classe 3 para erro entre 1000 m e 350 m; classe 2 para erro entre 350 e 150 m; classe 1 para erro menor do que 150 m.

Variáveis como a cobertura vegetal, o tempo de exposição do animal na superfície da água, ocorrência de chuva, proximidade de paredes ou relevo muito acidentado afetam negativamente a performance do sistema Argos, reduzindo o número de localizações obtidas em relação ao número máximo possível, e diminuindo a acurácia da localização. Na tentativa de elucidar esta questão, alguns autores realizaram simulações em campo, buscando aproximar ao máximo as condições reais de rastreamento de animais (Vincent, et al., 2002; Hays, et al., 2001; Keating, 1994) e verificaram que algumas variáveis exercem maior influência sobre a transmissão dos sinais e também que os erros efetivos das localizações não conferem com as classes de localização fornecidas pelo Argos.

O presente trabalho tem como objetivos identificar quais as variáveis ambientais que mais interferem na aquisição das localizações pelo sistema Argos, e também quais os erros efetivos das localizações obtidas.

2. Material e Métodos

Para testar a performance do sistema Argos no rastreamento de animais terrestres em coberturas florestais regionais, foi realizado um experimento de campo com colares ST-14 (Telonics) configurados para uso em onça parda. O ciclo de funcionamento foi estabelecido em 5/8/5/6, isto é, dois períodos de 5 horas em funcionamento a cada 24 horas, de modo a se obter um número médio de 6 de boas passagens ao dia.

Os experimentos foram realizados em 12 ambientes diferentes, com os colares sempre colocados a uma altura de 0,5 m do solo.

- Ambiente 1: Terreno plano, reflorestamento de *Eucalyptus* sp com altura de cerca de 15 metros e DAP médio de 20 cm, com distanciamento de 3 metros entre as árvores. Dois dias de céu limpo.
- Ambiente 2: Mesmo Ambiente 1 porém com céu encoberto e chuvoso. Um dia.
- Ambiente 3: Encosta de média declividade com reflorestamento de *Eucalyptus* sp, DAP médio de 50 cm e sub-bosque de cerrado. Sete dias de céu limpo.
- Ambiente 4: Ligeiro baixio com reflorestamento de *Eucalyptus* sp, espaçamento entre árvores de aproximadamente 3 m, DAP médio de 50 cm e sub-bosque de herbáceas. Sete dias de céu limpo.
- Ambiente 5: Terreno plano, reflorestamento de *Pinus eliotti*, espaçamento entre árvores de aproximadamente 2,5 m, DAP médio de 30 cm. Quatro dias de céu limpo.
- Ambiente 6: Terreno plano, encharcado, com árvores esparsas e predomínio de vegetação arbustiva. Três dias de céu limpo.

- Ambiente 7: Encosta suave, cerradão, árvores entre 10 e 15 m de altura, DAP máximo de 25 cm nas árvores distantes até 5 metros do colar, e espaçamento entre árvores variando entre 1 e 3 metros. Um dia de céu limpo.
- Ambiente 8: Na parte inferior de um paredão de rocha com cerca de 70 metros de altura, dentro de uma gruta de 2 m de profundidade (córrego seco), com cobertura de cerrado de cerca de 10 m de altura. Um dia de céu limpo.
- Ambiente 9: Ambiente 8 com céu encoberto e chuvoso. Um dia.
- Ambiente 10: Na parte inferior de um paredão de rocha com cerca de 70 metros de altura, com cobertura de cerrado de cerca de 10 m de altura. Dois dias de céu limpo.
- Ambiente 11: Dentro de uma casa de alvenaria, coberta com laje de concreto, telhado de madeira e telha de barro, e com casas iguais dos lados. Dois dias de céu limpo.
- Ambiente 12: Do lado de fora da mesma casa do ambiente 7, junto a parede. Um dia de céu limpo.

Os dados da localização via satélite foram obtidos por conexão com o computador do CLS/Argos via linha telefônica e modem, em função de convênios entre o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e o Argos.

Foram consideradas corretas, e como base comparação, as localizações obtidas com um GPS de navegação (usado após o fim da fonte de erro SA) nos diferentes pontos onde o transmissor foi posicionado.

3. Resultados e Discussão

O número de localizações em cada ambiente e os erros verificados estão na **Tabela 3**.

Na comparação entre os 12 ambientes, os resultados mostraram que o sistema Argos forneceu proporcionalmente mais localizações para os ambientes 7, 12 e 1, respectivamente. Estes ambientes tiveram em comum o terreno plano ou quase plano, dias de céu limpo e baixa biomassa de vegetação. Os ambientes com menor número de localizações foram aqueles onde o relevo apresentou alta declividade (ambientes 8, 9 e 10). Entretanto 2 localizações foram obtidas no ambiente 10, indicando que o paredão de apenas um lado não impediu totalmente a propagação das ondas na faixa de operação do Argos.

A presença de nuvens de chuva ou de chuva propriamente, também apresentaram forte influência negativa no sistema (ambientes 2 e 9), e nenhuma localização foi obtida.

A cobertura de *Pinus eliotti*, com árvores de porte médio, aparentemente foi o fator decisivo para quase ausência de localizações (apenas 1) no ambiente 5. Talvez a explicação para este resultado esteja no formato das copas e das folhas dessa espécie. No ambiente 6 o fator decisivo pode ter sido a umidade da vegetação, através do aumento da constante dielétrica, que interfere na propagação de ondas de rádio.

TABELA 3: Número de localizações obtidas e os erros observados.

Ambiente	Número e erros de localização (em metros)					
	No Possível de localizações *	Classe de localização	No de localizações obtidas	Erro menor	Erro maior	Erro médio
1	12	1	5	230	2.079	1.393
		2	3	206	1.791	842
		3	5	382	3.029	1.373
2	6	1	0			
		2	0			
		3	0			
3	42	1	0			
		2	0			
		3	0			
4	42	1	2	781	3.879	2.330
		2	4	1.569	4.229	2.862
		3	2	568	3.747	2.158
5	24	1	0			
		2	0			
		3	1			462
6	18	1	0			
		2	0			
		3	1			923
7	6	1	3	604	8.178	3.225
		2	4	236	860	582
		3	3	177	787	565
8	6	1	0			
		2	0			
		3	0			
9	6	1	0			
		2	0			
		3	0			
10	12	1	1			20.056
		2	1			2.558
		3	0			
11	12	1	2	679	1.245	962
		2	3	375	757	616
		3	2	687	1.085	886
12	6	1	3	393	2.016	1.174
		2	2	216	697	457
		3	2	385	427	406

* O número possível de localizações é obtido através do número médio de boas passagens por dia (~6) multiplicado pelo número de dias em funcionamento do transmissor.

No ambiente 3, a combinação de alta biomassa (eucaliptal antigo), grande porte das árvores e média declividade resultou na ausência de localizações apesar do maior esforço amostral. Neste caso a declividade deve ter colaborado, uma vez que um eucaliptal

semelhante porém em terreno plano (ambiente 4) resultou em 8 localizações com o mesmo esforço amostral.

Quanto aos erros de localização foi verificado, em concordância com outros autores (Keating, et al. 1991; Hays, et al., 2001; Vincent, et al. 2002), que as classes de localização fornecidas pelo Argos não devem ser consideradas como verdadeiras, uma vez que os erros podem ser maiores ou menores do que os erros admitidos para cada classe.

Em um experimento real, no qual não se pode saber qual a localização verdadeira do animal, o uso de um sistema paralelo pode ajudar em muito no trabalho de localização e captura do animal ou do transmissor.

Colares contendo transmissores para UHF e para VHF, devem solucionar o problema de se encontrar um animal desaparecido sem o uso de aviões, uma vez que as localizações fornecidas pelo Argos podem ser utilizadas como referência para o rastreamento convencional. Isto torna-se particularmente importante, em se tratando de áreas de difícil acesso, ou de animais de grande deslocamento, como animais em dispersão ou migração.

Estes resultados mostram que o rastreamento pelo sistema Argos, com estes transmissores, pode ser útil em regiões semelhantes a esta, porém podem apresentar erros de localização maiores do que os da telemetria convencional. Em muitas situações poderá ser difícil afirmar se o animal está dentro, de um lado ou do lado oposto de um pequeno remanescente de vegetação nativa.

Outra inconveniência de se trabalhar com erros da ordem de centenas de metros é a impossibilidade de se determinar com certeza se um animal cruza rios de pequeno porte, como a maioria dos rios fora da região Norte do Brasil. Talvez nas regiões Norte e Centro-Oeste, onde a paisagem não é tão fragmentada como a do Sudeste do país, os rios são mais largos, e as estradas e aeroportos são rarefeitos, o sistema Argos seja o mais indicado para estudos da ecologia destes animais.

Um aumento da área de vida calculada para os animais é outra consequência esperada com erros de centenas de metros. Isto pode acontecer principalmente se for utilizado o modelo do Mínimo Polígono Convexo, que usa as localizações mais externas da área de ocorrência do animal, e se a área de vida for relativamente pequena. Este inconveniente poderia ser atenuado retirando-se do cálculo as localizações mais externas, ou isoladas, da área de ocorrência, usando-se critérios apropriados para a exclusão desses pontos.

Um dos equipamentos mais novos para o rastreamento de animais funciona com dois sistemas de satélites, o sistema GPS e o Sistema Argos, onde o primeiro é usado para a obtenção da localização do animal e o segundo é usado para a transmissão dos dados de localização e de outros sensores ao usuário. Este sistema precisa resolver o problema da potência dos sinais dos sistemas, no caso de animais que habitam ambientes florestais. Além disso, o consumo de bateria do GPS e do transmissor ainda precisa ser melhor resolvido.

4. Conclusões

A performance do rastreamento via satélite Argos variou em função do relevo, da vegetação e da presença de chuva ou nuvens de chuva. Relevo plano, vegetação de cerrado e céu limpo ofereceram as melhores condições para o rastreamento, enquanto relevo acidentado, reflorestamentos de grande porte, como Eucalyptus e Pinus, e céu encoberto ofereceram as piores condições para o sistema. Os erros de localização geralmente são maiores do que seira esperado segundo as classes de localização fornecidas pelo sistema, embora às vezes possam ser menores.

Devido aos grandes erros de localização encontrados, os autores não aconselham o seu uso para estudos de preferência de habitats em regiões altamente fragmentadas, como ocorre no interior do Estado de São Paulo. A sua vantagem é a de possibilitar o monitoramento dos

animais sem precisar ir a campo ou fazer sobrevôos que elevam demais os custos de monitoramento. Seu uso deve ser incentivado para áreas pouco fragmentadas ou para animais de grandes deslocamentos, como animais migradores ou em movimentos de dispersão. O uso do sistema Argos para a transmissão de dados de localização obtidos por GPS e dados de temperatura/atividade corporal deve ser visto como uma boa perspectiva para o curto prazo.

5. Referências

- Antas, P.T.Z. **Sob os Céus do Pantanal: Ecologia do Tuiuiú**. Santiago, Monsanto. 1997.
- Argos. **User Manual** (version 1). Toulouse, Argos. 176 p. 1998.
- Gross, P.; Guichard, H. **SPOT/ARGOS Accurate Location Experiment**., Toulouse, Argos. 25 p. 1989.
- Hays, G.C.; Akesson, B.J.; Godley, B.J.; Luschi, P.; Santidria P. The implications of location accuracy for the interpretation of satellite-tracking data. *Animal Behavior*, v.61, p.1035-1040. 2001
- Keating, K.^a; Brewster, W.G.; Key, C.H. Satellite telemetry: performance of animal-tracking systems. *Journal of Wildlife management*, v.55, n.1, p.160-171. 1991.
- Lavenu, F.; Saint, G.; Laugnie, F.; Gros, P.; Poilecot, P. Monitoring of Natural Environment Using SPOT Imagery And Elephant Tracking Using ARGOS. *ARGOS Newsletter*, n40: 1990.
- Priede, I.G.E.; French, J. Tracking of Marine Animals by Satellite. *International Journal of Remote Sensing*, v.12, p.667-680. 1991.
- Thome, J.C.A. Rastreamento via satélite de tartarugas cabeçadas. Comunicação pessoal. 2002
- Vincent, C.; McConnell, B.J.; Fedak, M.^a; Ridoux, V. Assesment of argos location accuracy from satellite tags depolyed on captive grey seals. *Marine Mammal Science*, v.18, n.1, p.301-322. 2002
- Wolanski, E.; Hammer,W. Topographically Controlled Fronts In the Ocean And Their Biological Influence. *Science*, v. 241, p.177-181. 1988.