

Imagens Termiais de Satélite Aplicadas à Pesca de Atuns e Afins - Projeto SATPEIXE

CARLOS LEANDRO DA SILVA JÚNIOR¹

MILTON KAMPEL²

CARLOS EDUARDO SALLES DE ARAÚJO²

OTON OSÓRIO DE BARROS NETO²

JUAN MANUEL NODA PRIETO¹

¹OCEANSAT – Tecnologia espacial para monitoramento ambiental S/C Ltda.

Av. Andrômeda, 3612, 12233- 001 São José dos Campos, SP, Brasil

oceansat@netvale.com.br

²INPE--Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Caixa Postal 515, 12201- 097 São José dos Campos, SP, Brasil

{milton,salles,oton}@ltid.inpe.br

Abstract. This paper is concerned about some relevant results from the SATPEIXE Project. This project began in January 1996 and the main objective is to use sea surface temperature (SST) images operationally obtained from the NOAA satellites to support tuna fisheries activities in the S-SE coast of Brasil by improving its productivity. Besides monitoring, an image database associated with environmental data collected by the tuna fleet and other fishing and oceanographic data is being developed. All these informations are being integrated in the SIGAPA (Geographical Information System Applied for Tuna Fishing) to develop a sustainable capture model.

Keywords: Sea Surface Temperature (SST), AVHRR/NOAA and fishing.

Palavras-chave : Temperatura da superfície do mar, AVHRR/NOAA e pesca

1 Introdução

A utilização do sensoriamento remoto na pesca brasileira, teve início no final dos anos 70 com o trabalhos de Maluf (1978 e 1979), que combinava dados de satélite e dados oceanográficos históricos, na tentativa de identificar áreas propícias à pesca de sardinha, *Sardinella brasiliensis* na costa sudeste do Brasil. Posteriormente, Abdon (1983a e 1983b) utilizou dados de satélite para delimitação de áreas propícias a pesca de 3 espécies de atum: *Thunnus albacares*, *Thunnus alalunga* e *Thunnus obesus*. Maluf et al. (1985), propõe um aperfeiçoamento dos métodos de identificação das áreas favoráveis à ocorrência do bonito-listrado, *Katsuwonus pelamis* na superfície, utilizando dados SHIP para correção das imagens termiais. Silva Jr. e Maluf (1993), descrevem pela primeira vez no Brasil um método eficiente que possibilita aplicar dados AVHRR/NOAA na pesca brasileira. Apesar do esforço destes pesquisadores, a grande maioria deste trabalhos somente apresentaram resultados qualitativos, contribuindo de maneira modesta para a melhoria da captura de espécies pelágicas em águas nacionais.

O Projeto SATPEIXE teve seu início em janeiro de 1996, a partir da parceria entre a OCEANSAT - Tecnologia Espacial para Monitoramento Ambiental S/C Ltda., a Quaker Brasil Ltda., o Sindicato das Indústrias de Pesca de Itajaí - SINDIPI e empresários do setor, contando sempre com a colaboração de pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

O principal objetivo do SATPEIXE é utilizar de maneira operacional imagens termais obtidas pelos satélites ambientais da série NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), auxiliando a frota atuneira, que pesca com vara e isca-viva, a atingir com mais eficiência as áreas propícias à pesca do atum nas regiões costeira e oceânica sul-sudeste do Brasil.

Parte da operação do projeto é realizada em São José dos Campos - SP, onde as imagens transmitidas pelo sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), instalado a bordo dos satélites da série NOAA, são gravadas na estação de recepção na sede da OCEANSAT. Estas imagens passam por uma série de calibrações e processamentos, antes de serem transformadas em cartas de temperatura da superfície do mar (TSM), que são interpretadas e enviadas para Itajaí, SC. Nesta cidade, as cartas de TSM são transformadas em cartas de pesca e são transmitidas juntamente com um boletim oceanográfico para as empresas participantes do projeto.

Além das cartas de pesca, também são emitidos mensalmente os Boletins Informativos do Projeto SATPEIXE, que são uma forma de deixar atualizados os participantes do projeto. Os executores do projeto também têm promovido a cada ano, um fórum para debates de toda a comunidade na forma de Seminários de Captura e Produtividade do Atum no Brasil (SCAPA).

A partir do banco de imagens e da coleta de dados ambientais realizada pela frota, associados a outros dados de pesca e de outros bancos disponíveis no Brasil, está sendo desenvolvido um Sistema de Informações Geográfico Aplicado à Pesca do Atum - SIGAPA que deverá, em um futuro próximo, auxiliar os operadores do projeto a tomarem decisões mais precisas quanto a captura e controle do recurso ora explorado.

Serão apresentados neste trabalho, alguns resultados que consideramos relevantes a respeito do Projeto SATPEIXE, mostrando as melhorias introduzidas na pesca do atum no Brasil a partir do emprego operacional de técnicas de sensoriamento remoto orbital.

2 Parte Operacional do Projeto

A operação do Projeto SATPEIXE é realizada em dois locais distintos: na sede da OCEANSAT, na Cidade de São José dos Campos - SP, onde são gravadas, processadas e analisadas as imagens que darão origem a Carta de TSM; e na sede do SINDIPI em Itajaí - SC, onde as Cartas de TSM são transformadas em Cartas de Pesca e repassadas às empresas participantes.

Diariamente, são gravadas as imagens termais AVHRR/NOAA, em sua resolução máxima (1,1km x 1,1 km), no modo High Resolution Picture Transmission (HRPT), com o propósito de gerar as Cartas de TSM. Dentro da área abrangida pelo SATPEIXE (**Figura 1**), as imagens selecionadas são recortadas em quadrantes de 6° x 6°, como descrito na **Tabela 1**.

Cada imagem é corrigida geometricamente e calibrada radiometricamente, para se obter

precisões cartográficas e termais satisfatórias. A partir dos dados dos canais 1 e 2 (faixas do visível e infravermelho refletido do espectro eletromagnético, respectivamente) do sensor AVHRR, é realizado o mascaramento de nuvens e a separação entre terra/água. Nesta etapa do processamento, são calculadas as temperaturas da superfície do mar - TSM para a criação da Carta de TSM propriamente dita. São utilizados os algoritmos *Non-Linear split-window* diurno e noturno da NOAA (Kidwell, 1995), conforme o horário de aquisição da imagem. As temperaturas da superfície do mar são classificadas pelo método do fatiamento a pseudo-cor, para realçar os contrastes e gradientes termais presentes nas imagens. As Cartas-Imagem são geradas com a inserção de grades geográficas, barras de escala e de cores, norte geográfico e outras anotações julgadas úteis. As **Figuras 2A e 2B** apresentam exemplos destas Cartas-Imagem, para as áreas Centro e Norte do projeto.

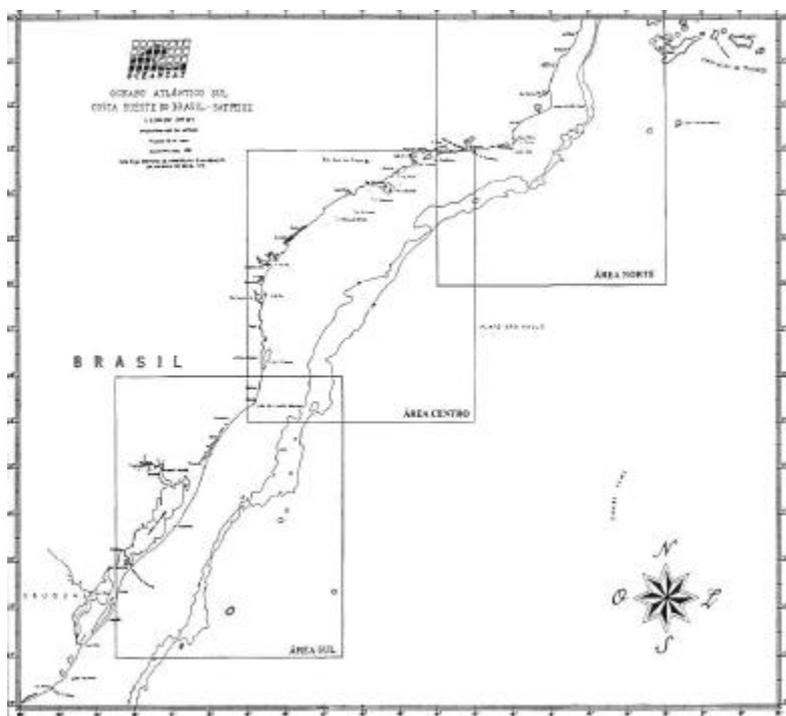


Figura 1 - Áreas do Projeto SATPEIXE

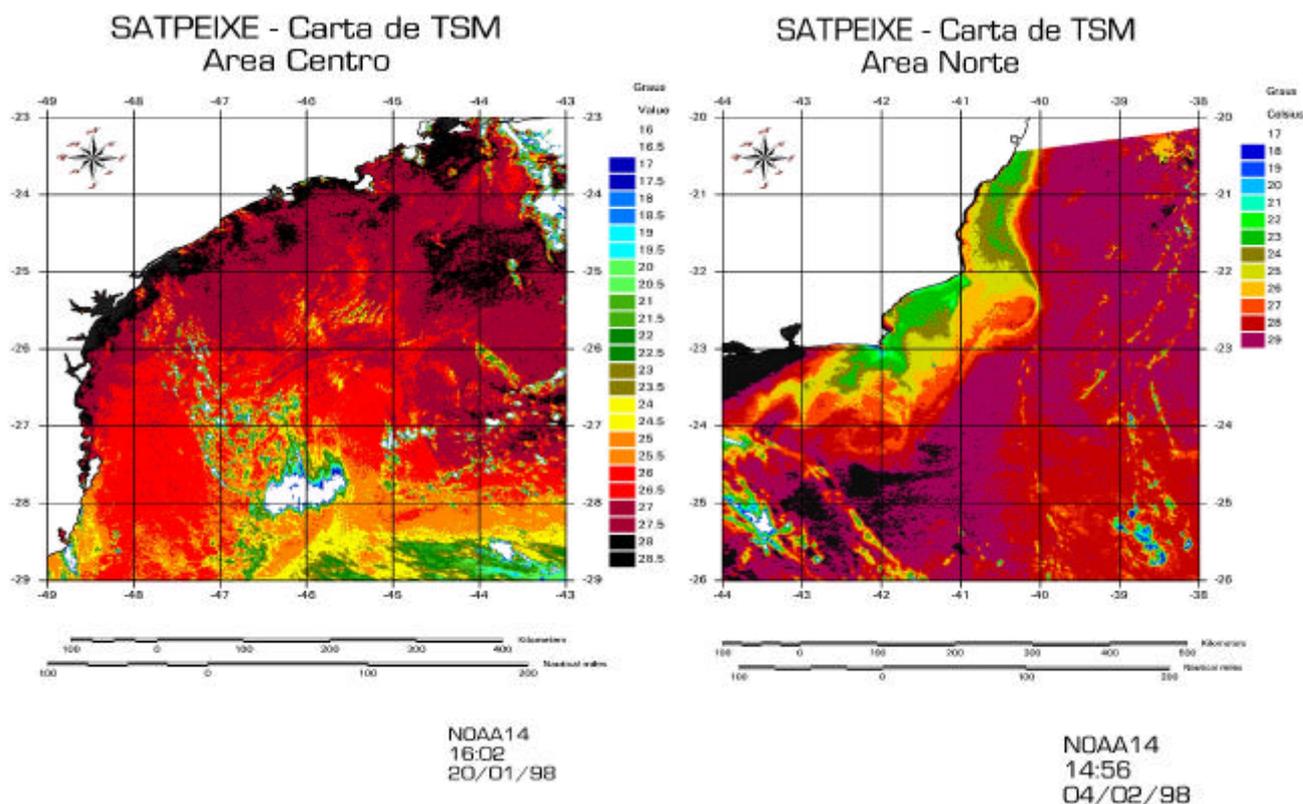
TABELA 1 - Áreas do SATPEIXE

ÁREA	Intervalo de Latitude	Intervalo de Longitude
NORTE	20°S a 26°S	38°W a 44°W
CENTRO	23°S a 29°S	43°W a 49°W
SUL	28°S a 34°S	46.5°W a 52.5°W

Numa etapa seguinte, são elaborados *overlays* gráficos ou cartas de TSM, com a colocação

de isotermas significativas e indicações das principais feições oceanográficas presentes nas imagens. Estas cartas são então analisadas oceanograficamente por um grupo de especialistas, que enviam os resultados - *overlay* gráfico e análise oceanográfica, para Itajaí, via fax ou e-mail. De modo geral, os horários de transmissões das informações variam em função das diferentes passagens dos satélites e dos critérios de seleção adotados.

Objetivando melhorar o conhecimento geral dos usuários do projeto e atualizar nossos participantes com relação aos temas de interesse da comunidade atuneira, é produzido mensalmente na sede da OCEANSAT, o Boletim Informativo do Projeto SATPEIXE. Este boletim escrito em linguagem simples, além dos objetivos supra-citados, também tenta manter os usuários do projeto informados a respeito das atividades desenvolvidas pelo grupo executor. Ele também constitui em um canal de comunicação aberto a toda a comunidade SATPEIXE, permitindo assim uma maior interação entre os diferentes segmentos do projeto.



Figuras 2A e 2B - Cartas de TSM das Áreas CENTRO e NORTE do Projeto SATPEIXE

Anualmente é organizado o Seminário de Captura e Produtividade do Atum no Brasil - SCAPA. Em sua primeira versão, o 1ºSCAPA foi realizado na Cidade de Bombinhas - SC, no período de 30 de agosto a 1 de setembro de 1996. O SCAPA-97 foi realizado no período de 13 a 16 de outubro de 1997, em Itajaí, e contou com aproximadamente 100 participantes.

Paralelamente está sendo desenvolvido o Sistema de Informação Geográfico Aplicado à Pesca do Atum - SIGAPA. Existem no mercado uma série de sistemas de informações

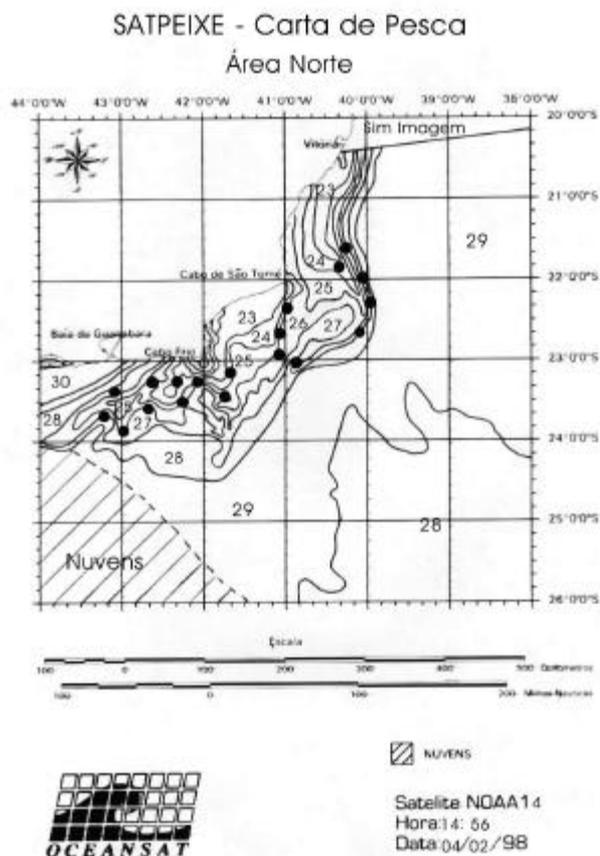
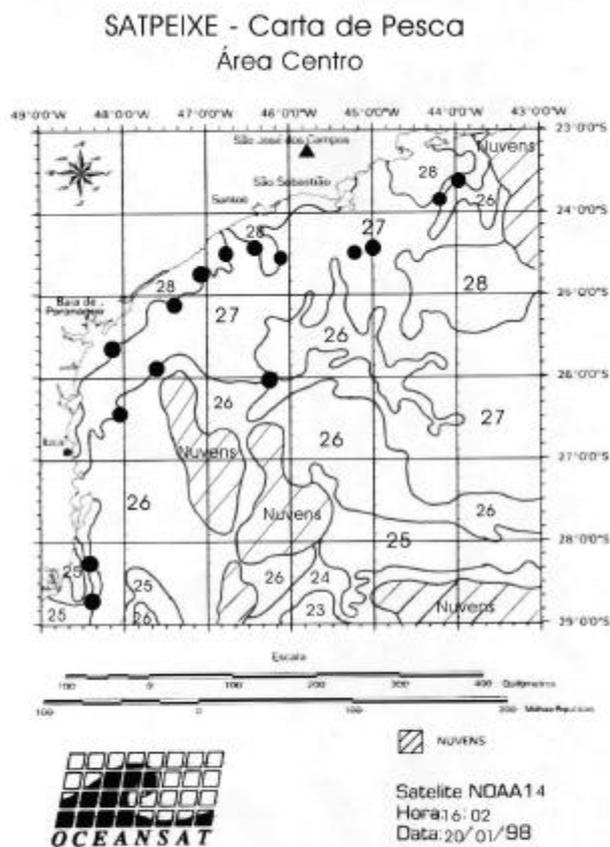
geográficas que poderiam ser utilizados para o auxílio da pesca. Optou-se pelo emprego do SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas) desenvolvido e distribuído pelo INPE, uma vez que este sistema opera com grande volume de dados, sem limitações de escala, projeção ou fuso, administra dados vetoriais como matriciais, integrando-os com dados de sensoriamento remoto, provê uma linguagem espacial programável (LEGAL) e é estável em micro-computadores e estações de alto desempenho, entre outras vantagens.

Na cidade de Itajaí, as atividades do SATPEIXE são realizadas nas dependências do SINDIPI, onde são utilizadas facilidades já existentes tais como: micro-computador, fax e telefone. A partir das cartas de TSM e de outras informações fornecidas pelos mestres/pescadores, é possível elaborar as Cartas de Pesca (**Figuras 3A e 3B**) que indicam as áreas mais propícias para a pesca. Para cada Carta de Pesca confeccionada, é gerado um Boletim Oceanográfico, onde é feita uma análise geral da situação mostrada na Carta de TSM, visando não só o aspecto oceanográfico da região, mas também, a ocorrência do pescado sob tais condições e orientando, assim, a frota participante. As Cartas de Pesca são então transmitidas juntamente com os Boletins Oceanográficos, via fax, aos armadores, que por sua vez, repassam as informações para os barcos de pesca integrantes do projeto.

Uma planilha de bordo foi elaborada para a coleta de dados ambientais por parte das tripulações das embarcações envolvidas no projeto. Estes tripulantes sempre são lembrados da importância do correto preenchimento das planilhas de bordo, para a estruturação do banco de dados que permitirá o desenvolvimento de um modelo de captura de tunídeos para a região de interesse.

Uma outra atividade realizada em Itajaí, é a de recepcionar as descargas ocorridas no cais da própria Fábrica da Quaker. Nestas ocasiões, ocorre o esclarecimento de detalhes ocorridos durante a pescaria e conseqüentemente, clarifica as informações contidas nas planilhas de bordo.

Na etapa seguinte, é feita uma análise comparativa entre as planilhas de bordo, de desembarque e o deslocamento dos barcos com as Cartas de Pesca. Assim, são observadas as concordâncias entre as datas, posições e temperaturas da água observadas pelas embarcações e as Cartas de Pesca.



Figuras 3 A e B - Cartas de Pesca das Áreas CENTRO e NORTE (posições de pesca representadas por pontos)

3 Principais Resultados

Os resultados podem ser divididos em dois tipos: os resultados operacionais, que depreem as melhorias e dificuldades apresentadas na execução do trabalho, e os resultados do banco de dados ambientais, levantado a partir das planilhas de bordo.

3.1 Resultados Operacionais

Os resultados operacionais até agora apresentados, sinalizam de maneira positiva em vários aspectos do projeto, principalmente no que se refere à produção operacional das Carta de TSM e das análises oceanográficas, visto que, está ocorrendo uma melhoria significativa na qualidade do produto enviado. Até o final do primeiro trimestre de 1998, foram produzidas 668 Cartas de TSM, e seus respectivos Boletins Oceanográficos e Cartas de Pesca (**Tabela 2**). Os Boletins Informativos mensais continuam sendo editados e distribuídos aos participantes do projeto.

Tabela 2 - Totais de Imagens Aproveitadas

ÁREA	TRIM 96				TRIM 97				98	TOTAL
	1º	2º	3º	4º	1º	2º	3º	4º	1º	
NORTE	17	28	11	18	31	26	41	25	29	226
CENTRO	17	35	16	23	35	40	29	26	29	250
SUL	25	30	13	15	19	15	17	24	34	192
TOTAL	59	93	40	56	85	81	87	75	92	668

A utilização das Cartas de Pesca geradas pelo SATPEIXE é crescente entre as embarcações, sendo que, mesmo durante a entressafra de 1997, foram obtidas capturas significativas de gaiado na costa S-SE brasileira. Importante mencionar que, até esta data, não ocorriam capturas significativas durante a entressafra (entre junho e outubro). Na ocasião, o barco Santa Madalena da empresa Perciavalle Vincenzo capturou um total de 425.254kg, sendo a maior captura de gaiado naquele período.

Com o recebimento das planilhas de bordo, está sendo possível montar um banco de dados ambientais. Apesar dos bons resultados observados, infelizmente, a quantidade e a qualidade (no que diz respeito ao preenchimento) das planilhas recebidas não estão atendendo totalmente às expectativas dos executores do SATPEIXE. A pior conseqüência desta inconsistência da base de dados, é o comprometimento do sucesso maior do projeto, ou seja, a obtenção de um modelo de captura sustentável.

Para viabilizar a transmissão dos dados diretamente para bordo dos barcos atuneiros, foram consideradas várias tecnologias, sendo que o sistema de comunicação por satélites INMARSAT MINI-M com antena multi-direcional foi o que apresentou a melhor solução custo/benefício. O INMARSAT MINI-M é um sistema de comunicação móvel que leva a mensagem à qualquer parte do mundo utilizando os satélites desta organização. Através de um sistema compacto de bordo, com uma antena multidirecional, podem trafegar os mais variados tipos de mensagens como voz, fax, correio eletrônico, dados etc. Este sistema de comunicação móvel é muito útil num país de dimensões continentais como o Brasil. Como principais aplicações deste sistema, podem ser citadas a transmissão de cartas de pesca de terra para bordo, a programação de desembarques, o envio de previsões do tempo, o envio de comunicações administrativas, relatórios de posição e comunicações de emergência ou segurança. Os principais benefícios de uso do sistema são a segurança o aumento de produtividade e a automação de processos

gerenciais e/ou operacionais.

3.2 Resultados do Banco de Dados Ambientais

Seguindo a proposta inicial do SATPEIXE de se montar um banco de dados ambiental para subsidiar um modelo de captura sustentável de atuns e afins, são apresentados exemplos de informações disponibilizadas a partir deste banco.

O controle de planilhas recebidas é apresentado na **Figura 4**. São mostrados os números de planilhas recebidas até julho de 1997, sendo que o máximo (38) foi alcançado em fevereiro de 1996. A diminuição do número de planilhas durante a entressafra de 96 não foi recuperada na safra 96/97.

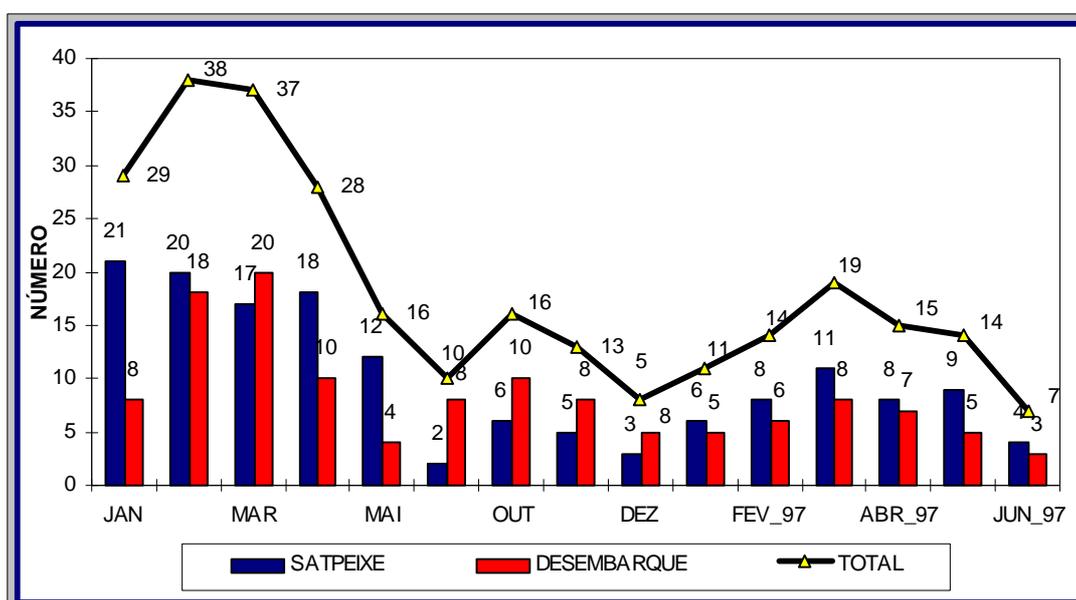


Figura 4 – Controle de planilhas recebidas.

A **Figura 5** apresenta as TSM's mínimas, máximas e médias registradas durante as pescarias, por mês de ocorrência, entre janeiro e dezembro de 1996. A **Figura 6** mostra as TSM's referentes ao ano de 1997.

Mesmo tendo recebido um número maior de planilhas em 96 do que em 97, no segundo ano do projeto a distribuição das informações de temperatura foi mais homogênea ao longo de todo o ano (inclusive durante a entressafra). As amplitudes de variação entre as TSM's máximas e mínimas foram também, de modo geral, menores em 97 do que em 96.

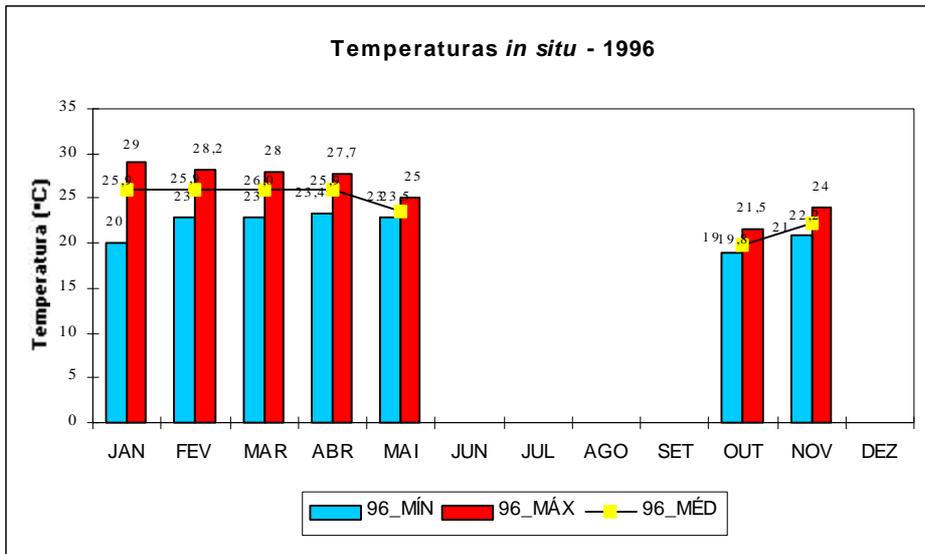


Figura 5 - Temperaturas da superfície do mar in situ, ano 1996

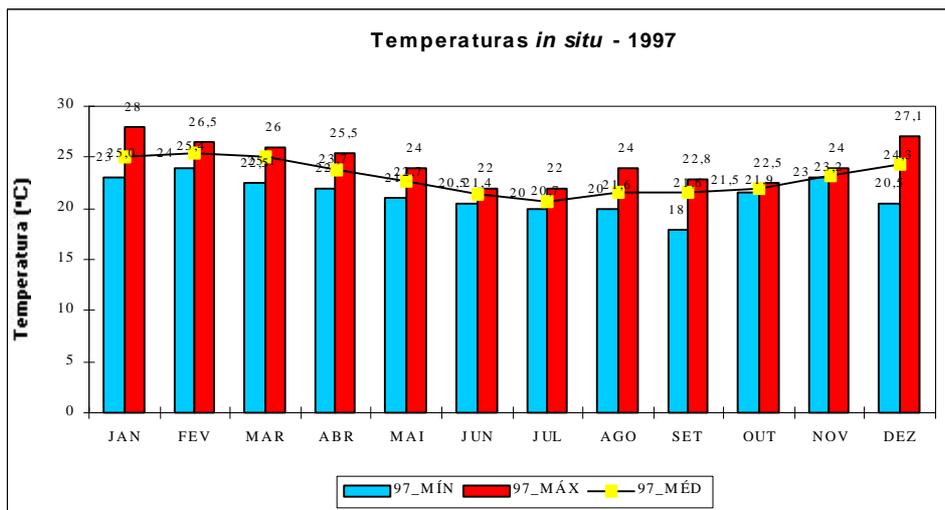


Figura 6 - Temperaturas da superfície do mar in situ, ano 1997

A variação geográfica da frota dentro da área de interesse do SATPEIXE pode ser avaliada a partir das **Figuras 7 e 8**. A **Figura 7** mostra as latitudes máximas, mínimas e a variação entre estas, mês a mês, para o ano de 96. A **Figura 8** é similar, porém referente ao ano de 97.

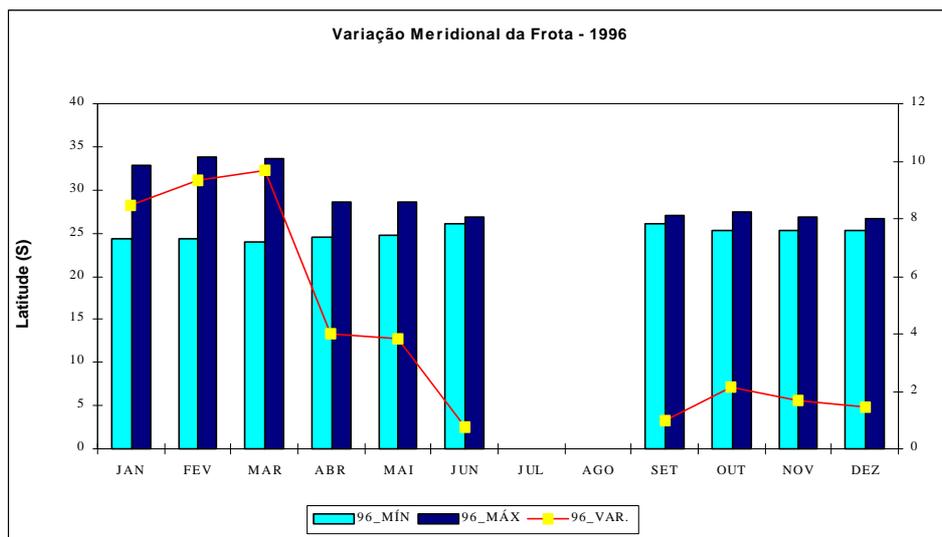


Figura 7- Limites geográficos alcançados pela frota atuneira em 1996.

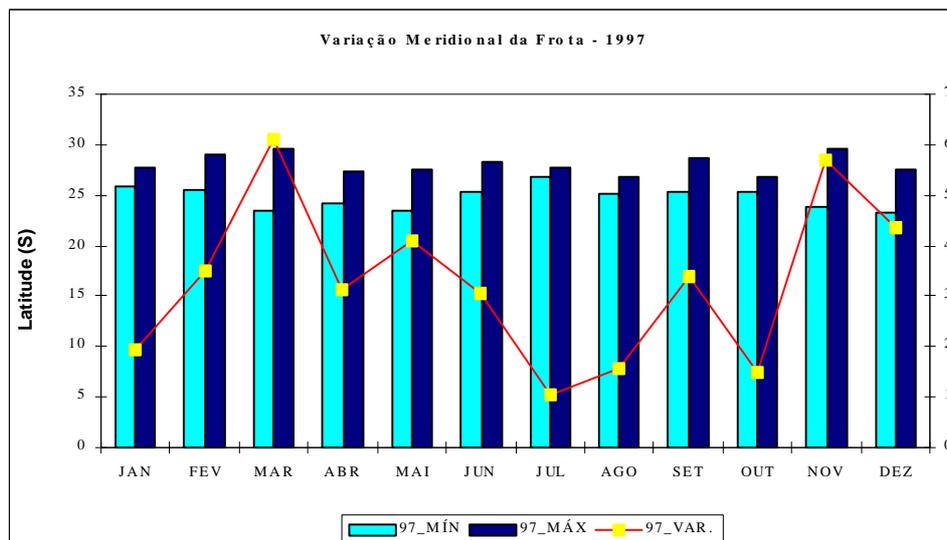


Figura 8 - Limites geográficos alcançados pela frota atuneira em 1997.

A análise destes gráficos sugere que a frota atuneira tem se movimentado de forma mais eficiente, gastando menos tempo na procura pelos recursos a serem capturados.

Durante o SCAPA-97, o IBAMA/CEPSUL apresentou os resultados de Captura Por Unidade de Esforço (CPUE) da frota nacional que operou em Santa Catarina, no período de 1992-1996. A média da CPUE neste período, foi de 6,7 toneladas por dia de pesca e procura para a captura total (t/dpp) de tunídeos, sendo que no ano de 1992, este valor foi de 5,3 t/dpp e no ano de 1996, passou para 8,8 t/dpp. Estes dados mostraram também, que nestes 5 anos as capturas tiveram uma oscilação considerável, obtendo-se um incremento na produção de 20,5% de 1992 para 1993, seguido de outro incremento de 11,6% em 1994. Em 1995, ocorreu uma queda de 33,9%, mas em 1996, ano da entrada em operação do SATPEIXE, ocorreu um aumento acentuado de 59,5% na produção pesqueira. Estes resultados mostram claramente, que a tecnologia espacial

quando usada de maneira eficiente, pode auxiliar em muito à pesca de recursos pelágicos.

Na medida em que todas as informações coletadas no âmbito do SATPEIXE estejam integradas numa base de dados georeferenciada, poderemos recuperar e manipular estes dados, gerando mapas temáticos de nosso interesse. Conforme mencionado anteriormente, está sendo desenvolvido um protótipo de um Sistema de Informações Geográficas Aplicado à Pesca do Atum, em ambiente SPRING, cujos resultados preliminares foram apresentados durante o SCAPA -97, em Itajaí.

5 Considerações Finais

De um modo geral, a qualidade das Cartas de Pesca produzidas e distribuídas à frota atuneira participante do SATPEIXE está satisfatória.

Finalmente, foi instalado o primeiro sistema de transmissão das Cartas de Pesca para bordo via satélite, a bordo da embarcação Santa Madalena. Este objetivo tecnológico agora concretizado logo mostrará as suas vantagens, incentivando outras embarcações a adquirirem um equipamento similar. Acreditamos que não só o esforço de captura, mas também, o gerenciamento da frota serão significativamente melhorados com o emprego desta tecnologia espacial. Somente vencida esta etapa tecnológica é que poderá ser viabilizado um sistema de coleta de dados ambientais automático ou semi-automático.

O recebimento das planilhas de bordo permitiu a estruturação de um banco de dados ambientais. Entretanto, o número de planilhas preenchidas corretamente e recebidas até o momento, ainda está muito aquém do que é necessário para o desenvolvimento do modelo de captura sustentável. Esperamos que a comunidade envolvida se conscientize cada vez mais da necessidade de coleta desses dados, para que o sucesso a ser alcançado não se restrinja somente às informações contidas nas Cartas de Pesca, mas que previsões de longo período, inclusive em condições de cobertura de nuvens, possam ser realizadas.

A realização dos seminários tem representado ótima oportunidade para a reunião de todos os interessados no setor pesqueiro - indústria, empresários, pescadores, academia, governo, entre outros. É possível a discussão, de forma mais aprofundada, dos problemas existentes, com a sugestão de soluções e alternativas.

Como mencionado anteriormente, está em desenvolvimento um protótipo do SIGAPA. Foram levantados e introduzidos no SIGAPA dados de cartas náuticas e dados ambientais do Banco Nacional de Dados Oceanográficos da Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN. Espera-se também, poder utilizar dados de desembarques de pescado e outros dados estatísticos pesqueiros coletados pela QUAKER e pelo CEPSUL/IBAMA.

A partir dos dados de desembarque do CEPSUL/IBAMA apresentados no SCAPA-97, foi possível quantificar a melhoria na produtividade da pesca do atum com vara e isca-viva em 1996. Estes dados estão sendo publicados juntamente com outros resultados do SCAPA-97, e serão atualizados oportunamente com os dados referentes ao ano de 1997. Espera-se continuar contando com a ajuda de todos os setores envolvidos, QUAKER, SINDIPI, mestres e demais colaboradores, contribuindo conjuntamente para o sucesso do projeto.

Referências

Abdon, M.M, Um modelo de carta de pesca para tunídeos do sudeste sul do Brasil utilizando dados oceanográficos e de sensoriamento remoto. **Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto**, INPE, (1983a). (INPE-2627-TDI/110).

Abdon, M.M., A study of relationship between surface temperature and tuna fish catch data in south and southeast of Brazil using oceanographic and satellite data. International Symposium on Utilization of Coastal Ecosystems: Planning, Pollution and Productivity, Rio Grande, Nov. 22-27, (1983b) (INPE-2599-PRE/245).

Curran,P.J. *Principles of Remote Sensing*. London, Logman Scientific, 1985.

Kidwell, K.B., Ed. *NOAA Polar Orbiter Data-User Guide*. Satellite Data Services Division, NOAA, Washington D.C., June 1995

Maluf, S. O sensoriamento remoto aplicado a um modelo de carta de pesca. São José dos Campos, out. 1978 (INPE-1379-PRE/176)

Maluf, S. Cartas de Pesca: um modelo de cartas de pesca utilizando dados oceanográficos e de sensoriamento remoto, aplicado à sardinha (*Sardinella brasiliensis*). **Dissertação de mestrado em Sensoriamento remoto**. São José dos campos, INPE, março 1985 (INPE-3471-PRE/714).

Maluf, S., Stenvenson, M.R., Inostroza, H.M.V.Comparação de dados sazonais de pesca e temperatura de superfície do mar obtidas por satélite. São José dos Campos, INPE, março 1985 (INPE-3471-PRE/714).

Silva Jr., C.L., Maluf, S.R. Possibilidades de aplicação do sensor AVHRR/NOAA na pesca brasileira. Anais do VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, 10-14 de maio de 1993. 278-289p.