MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

MONITORAMENTO DA COBERTURA FLORESTAL DA AMAZÔNIA BRASILEIRA POR SATÉLITES

Detecção de Desmatamento em Tempo Real - DETER

MONITORAMENTO DA COBERTURA FLORESTAL DA AMAZÔNIA POR SATÉLITES

AVALIAÇÃO TRIMESTRAL DO DETER

– Fevereiro a Abril de 2009 –

INPE – COORDENAÇÃO GERAL DE OBSERVAÇÃO DA TERRA
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 25 DE MAIO DE 2009.

1. INTRODUÇÃO

O DETER - Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real identifica e mapeia áreas desflorestadas em formações florestais na Amazônia. Esse sistema utiliza imagens dos sensores MODIS, a bordo do satélite TERRA, da NASA, e imagens do WFI, a bordo do satélite brasileiro CBERS-2B do INPE. Esses sensores cobrem a Amazônia com alta freqüência temporal, de dois e cinco dias, respectivamente, mas com resolução espacial limitada de 250 metros e 260 metros (WFI). Detalhes sobre a metodologia utilizada pelo DETER podem ser encontrados na página do DETER (http://www.obt.inpe.br/deter/metodologia_v2.pdf).

A qualificação dos dados do DETER tem como objetivo caracterizar de forma amostral os dados de desmatamento (Alerta) referentes às duas quinzenas de cada mês. No período de chuvas, que vai de novembro a abril, devido à alta proporção de cobertura de nuvens o mapeamento é realizado a cada três meses.

O PRODES detecta apenas o desmatamento por corte raso - o processo em que a cobertura florestal é totalmente removida em um curto intervalo de tempo. O DETER mapeia tanto o desmatamento por corte raso quanto as áreas em processo de desmatamento por alteração da cobertura florestal. Como grande parte dessas alterações só é percebida quando há uma alta intensidade de perturbação, a esse tipo de desmatamento denominamos degradação florestal progressiva. Áreas de manejo florestal de baixo impacto, em geral, não são detectadas por esse sistema.

Este documento apresenta os resultados da qualificação dos Alertas para os meses de fevereiro a abril de 2009. Os dados de desmatamento foram reunidos em base trimestral para assegurar uma melhor amostragem e melhor representatividade espacial das análises. O trimestre em questão faz parte do período chuvoso em que as oportunidades de observação e monitoramento são menores em relação ao período seco devido à alta cobertura de nuvens.

2. METODOLOGIA PARA A QUALIFICAÇÃO DOS ALERTAS

Para a qualificação, faz-se uso de imagens provenientes de sensores a bordo dos satélites Cbers e Landsat, adquiridas em período equivalente ao das Imagens Modis, com resolução espacial mais fina, de 20 e 30 m, respectivamente. A qualificação do DETER é amostral, ou seja, apenas uma parte dos Alertas é avaliada. O tamanho da área amostrada e sua representatividade variam a cada mês de acordo com as condições atmosféricas e a disponibilidade de imagens de média resolução. No período seco, em geral, a área amostrada é maior do que no período chuvoso, quando grande parte da região permanece sob nuvens. Desta forma, a qualificação dos Alertas não pode ser vista como um mapeamento mais detalhado do DETER, pois não é possível assegurar uma área mínima a ser amostrada mês a mês.

Na qualificação dos desmatamentos, os Alertas são sobrepostos às imagens de resolução espacial mais fina e então são classificados como Corte Raso ou Degradação Florestal de Intensidade Leve, Alta ou Moderada. Nessa avaliação os Alertas não confirmados como desmatamento também são contabilizados. O esquema de classificação é sistematizado e apresentado na Figura 1.

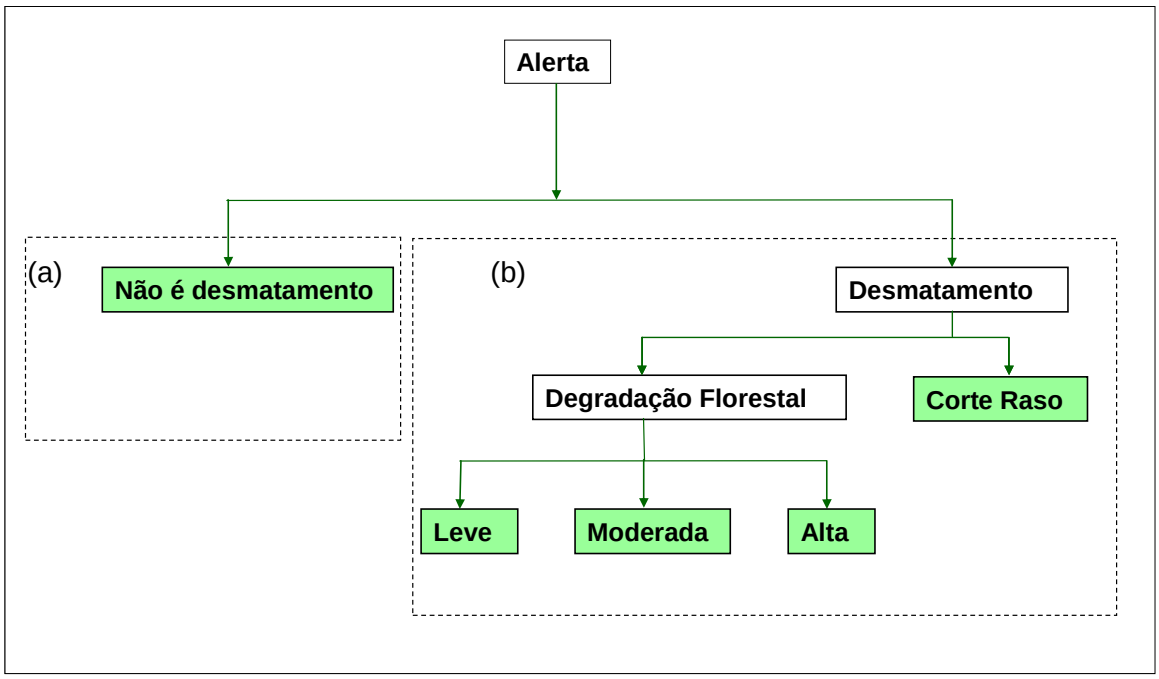


Figura 1. Esquema de Classificação dos dados de Alerta do DETER. As classes finais são representadas pelas caixas verdes: 1) Não confirmado como desmatamento (a); 2) Corte Raso; 3) Degradação Florestal de Intensidades Leve, Moderada e Alta (b).

O desmatamento por corte raso é o processo de remoção total da cobertura florestal em um curto intervalo de tempo. Esse processo é caracterizado nas imagens pela predominância de solo exposto com textura lisa e limites bem definidos entre a área desmatada e a matriz florestal.

Na Figura 2 são apresentados os critérios de foto-interpretação. Os padrões e tipos de cobertura da terra observados nas imagens que definem as classes dos diferentes processos de desmatamento.

O desmatamento por degradação florestal progressiva é um processo gradativo, no qual se observa a perda parcial e contínua da cobertura florestal. Esse processo é caracterizado pela combinação da floresta com uma ou mais classes de cobertura da terra como solo exposto, cicatriz de fogo florestal e floresta secundária. A proporção dessas classes no polígono do Alerta, bem como sua freqüência, densidade e arranjo espacial indicam a intensidade de degradação classificada como Leve, Moderada ou Alta.

A escolha de imagens para a qualificação dos Alertas baseia-se no número de Alertas por cena, na existência de imagens TM/Landsat ou Cbers de boa

qualidade para o período e, no seu percentual de cobertura de nuvens. Imagens dos anos anteriores são utilizadas como dado auxiliar durante a foto-interpretação.

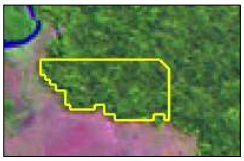
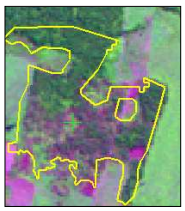
Imagem TM/Landsat 2008	Critérios de Interpretação visual Landsat/TM RGB 543	Cobertura da Terra	Processo de desmatamento
	Predomínio de tonalidade verde, textura rugosa e sombra. Padrão semelhante às florestas da região. Maioria do perímetro contíguo tem o mesmo padrão.	Cobertura florestal , textura heterogênea, com sombra, indicando a estrutura florestal complexa e não alterada.	Floresta não alterada
	Tonalidade magenta, ou verde muito claro (esmaecido). Forma regular, textura lisa, limites bem definidos entre o polígono (solo exposto) e a matriz florestal.	Predomínio de solo exposto ou pastagem em formação.	Corte Raso
	Predomínio de tonalidade verde e padrão de floresta, com presença de feições de tonalidade magenta ou roxa de tamanho pequeno, com baixa densidade e freqüência.	Predomínio de cobertura florestal com manchas de solo exposto indicando a presença de pátios e indícios de acesso.	Floresta Degradada de Intensidade Leve
	Predomínio de tonalidade verde e padrão de floresta, com presença de feições de tonalidade magenta ou roxa, de tamanho médio, com média densidade e freqüência.	Predomínio de cobertura florestal com manchas de solo exposto indicando a presença de pátios de estocagem de madeira, ramais e clareiras.	Floresta Degradada de Intensidade Moderada
	Predomínio de tonalidade magenta/roxa (clareiras grandes com indicação de fogo) ou verde (com textura lisa) em associação com manchas que apresentam padrão de floresta.	Presença de grandes clareiras com solo exposto, vegetação secundária e/ou área extensa de cicatriz de fogo florestal, combinadas com manchas florestais.	Floresta Degradada de Intensidade Alta

Figura 2. Critérios utilizados para a qualificação dos dados do DETER. Padrões de desflorestamento em imagens TM/Landsat, descrições e classes associadas.

3. QUALIFICAÇÃO DOS ALERTAS DE FEVEREIRO A ABRIL DE 2009

A área desmatada apontada pelos Alertas do DETER no trimestre, que compreende os meses de fevereiro a abril de 2009, foi de 197 km^2. A distribuição do desmatamento do trimestre por estado é apresentada na Figura 3.

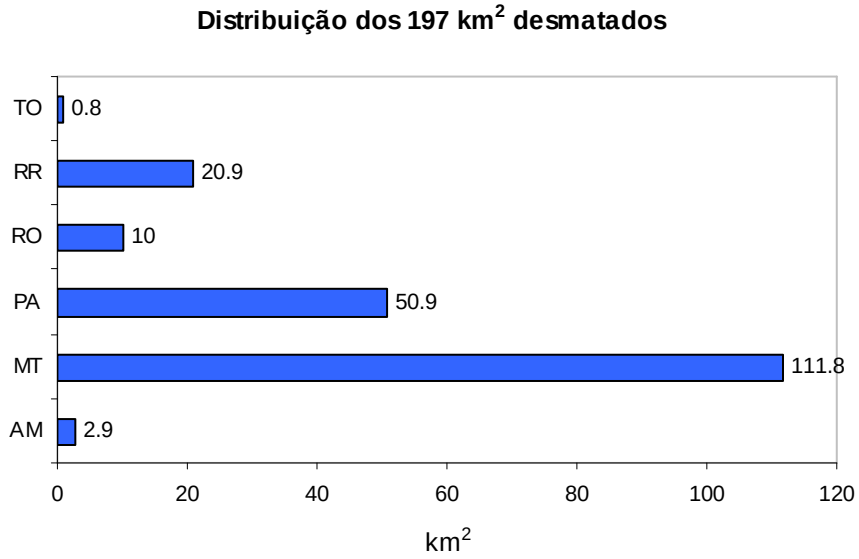


Figura 3. Distribuição do desmatamento do período de fevereiro a abril de 2009 por estado.

O baixo índice de áreas de Alerta detectadas deve-se à pouca oportunidade de observação devido a presença de uma extensa cobertura nuvens sobre a região durante o trimestre chegando a cobrir mais 88% da região no mês de março. Assim, os dados de desmatamento devem ser analisados em conjunto com o de distribuição de nuvens, pois a capacidade de detecção do desmatamento do DETER depende da área e da distribuição espacial da cobertura de nuvens. A Figura 4 apresenta os dados mensais de desmatamento do trimestre

detectados pelo DETER e a proporção de cobertura de nuvens observada a cada mês na região.

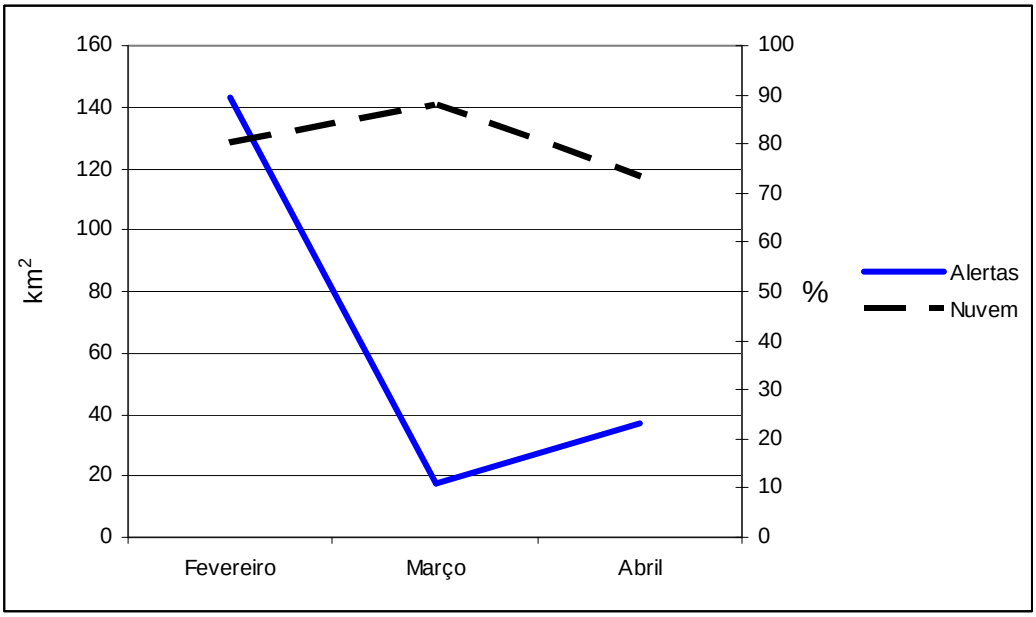


Figura 4. Distribuição mensal dos desmatamentos e nuvens do período de fevereiro a abril de 2009 do sistema DETER.

A área observada livre de cobertura de nuvens na Amazônia Legal nos três meses analisados correspondeu a 20% em fevereiro, 12% em março e 27% em abril. O gráfico da figura 4 indica uma relação inversa entre a proporção de cobertura de nuvens e a quantidade de área de Alertas detectada pelo DETER. A maior área de Alertas detectada foi no mês de fevereiro (143 km^2), quando a proporção de cobertura de nuvens na Amazônia Legal foi de 80%. Em março a área desmatada detectada reduziu-se para 17,5 km^2, quando 88% da região estava encoberta, impossibilitando o monitoramento em quase todos os estados. Em abril de 2009 o desmatamento detectado foi 36,8 km^2, com uma cobertura de nuvens de 77%, permanecendo ainda bastante alta. A figura 5 apresenta um mapa com a distribuição mensal das ocorrências dos desmatamentos na Amazônia para o período de fevereiro a abril de 2009.

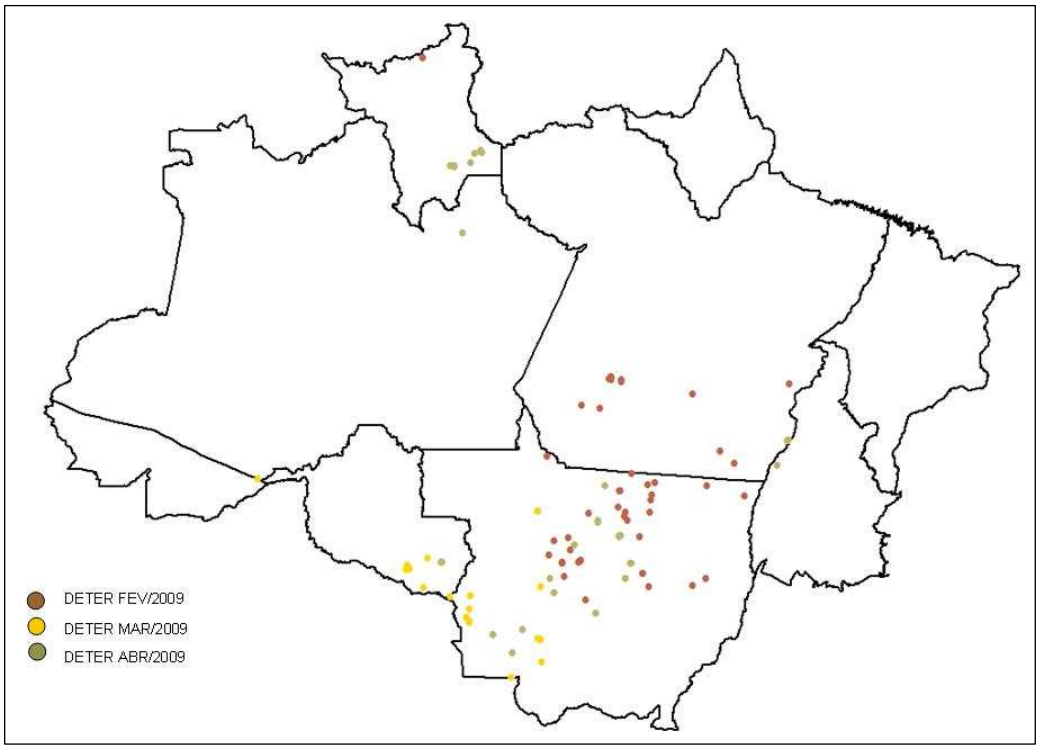


Figura 5. Ocorrência de desmatamentos do período de fevereiro a abril de 2009 detectados pelo DETER.

Observa-se na figura 5 que alguns estados como Acre, Amazonas, Amapá, Tocantins e Maranhão não foram monitorados devido à alta proporção de cobertura de nuvens (Figura 6) no trimestre. Os estados do Mato Grosso, Pará, Roraima e Rondônia, embora tenham apresentado alta cobertura de nuvens em todos os meses, foram parcialmente monitorados. Os estados do Mato Grosso e Pará apresentaram as maiores áreas de desmatamento. Para a qualificação desses dados, devido à quantidade escassa de imagens de média resolução livre de cobertura de nuvens, os Alertas dos três meses foram reunidos e avaliados conjuntamente, buscando aumentar assim, não apenas o número de cenas amostradas como também sua representatividade espacial. A Figura 6 mostra a distribuição de nuvens nos meses considerados e as cenas utilizadas para a qualificação dos Alertas.

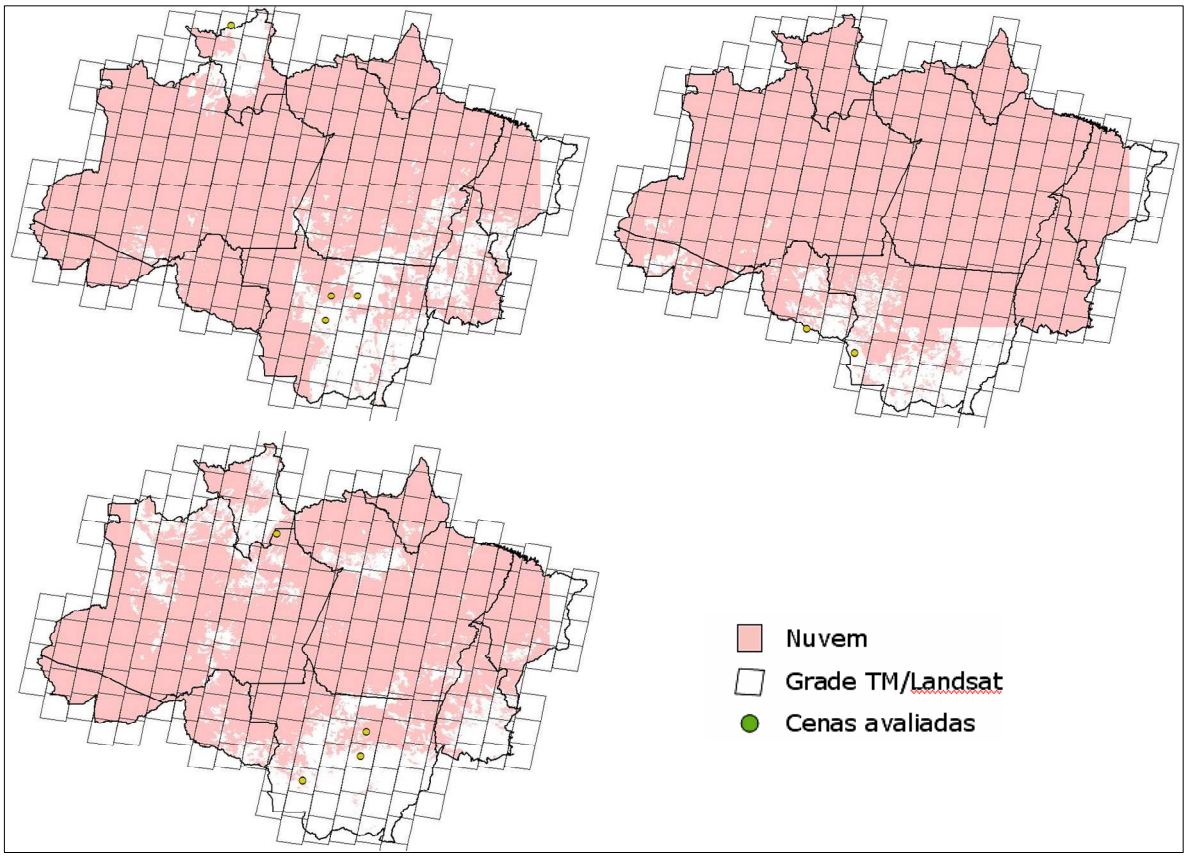


Figura 6. Cobertura de nuvens e Cenas TM/Landsat utilizadas para qualificação dos Alertas do período de fevereiro a abril de 2009.

Um elemento importante que deve ser considerado na análise dos dados de Alerta dos dois últimos trimestres é que até abril de 2009 a máscara de desmatamento do Prodes 2008 ainda não estava completa. Em dezembro de 2008, a estimativa anual da taxa de desmatamento foi divulgada considerando 85 cenas prioritárias onde a maior parte dos desmatamentos estão concentrados. Assim, nesse período, o Deter pode emitir Alertas em áreas de corte raso ocorrido em 2008. Essas áreas deverão ser indicadas pelo Prodes, ao ser completado o mapeamento de 2008. A figura 07 mostra a distribuição das ocorrências de Alerta do trimestre nas 85 cenas prioritárias e no restante das cenas. Do total de 101 Alertas, 81(130 km^2) foram detectados nas cenas prioritárias, utilizando a máscara do Prodes de 2008, os 20 (67 km^2) restantes, que corresponderam as cenas não prioritárias do Prodes, foram detectados com a máscara do Prodes de 2007.

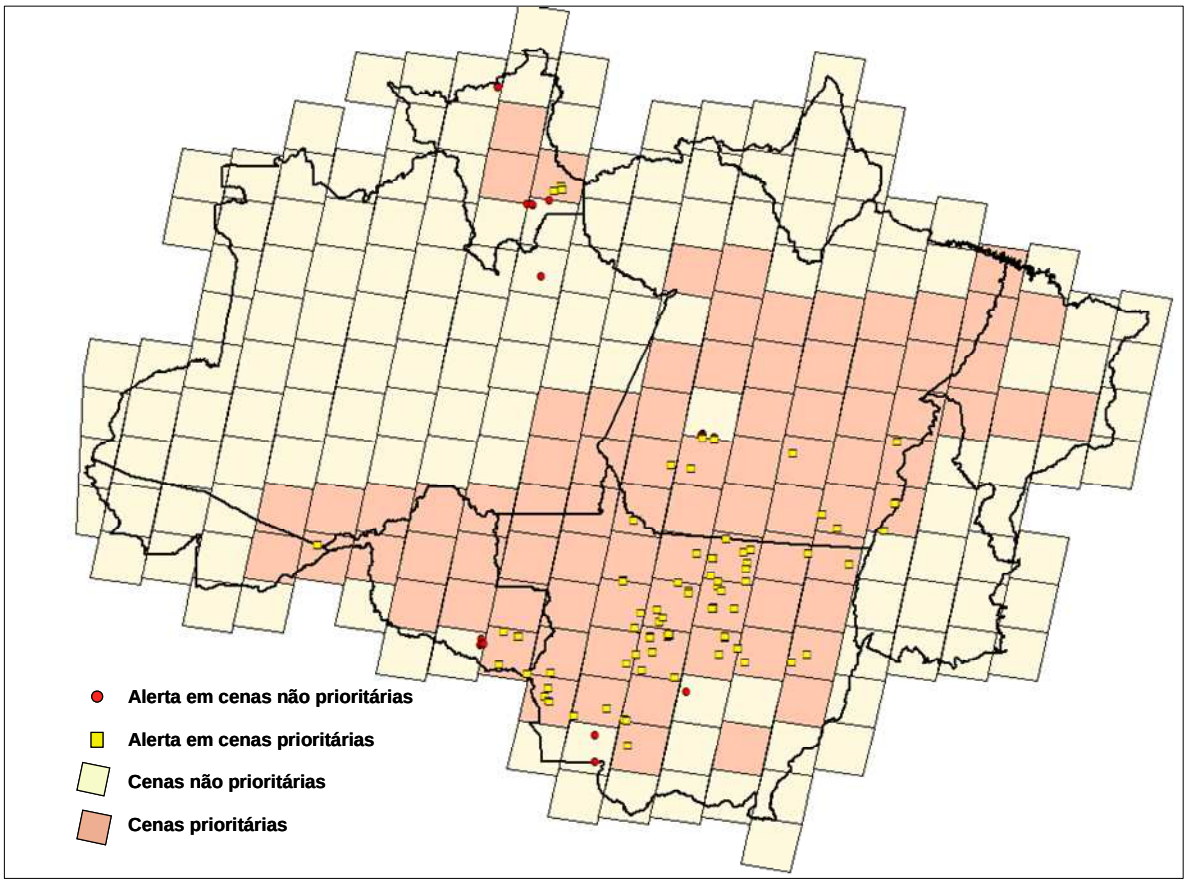


Figura 7. Alertas de desmatamento do período de Fevereiro a Abril de 2009 nas 85 cenas prioritárias do Prodes de 2008.

A qualificação dos dados do DETER para o trimestre em questão foi realizada utilizando como referência nove cenas TM/Landsat e uma CCD/Cbers. As cenas são listadas na Tabela 1. Apenas os Alertas dos estados do Mato Grosso, Roraima e Rondônia foram avaliados devido à inexistência de imagens livre de cobertura de nuvens para os outros estados.

Tabela 1. Cenas utilizadas na avaliação do DETER de Fevereiro a Abril de 2009.

Cenas	Data	Estado	Sensor
Fevereiro 2009			
226/68	15/03/2009	MT	TM/Landsat
227/68	22/03/2009	MT	TM/Landsat
227/69	22/03/2009	MT	TM/Landsat
176/95	04/05/2009	RR	CCD/Cbers2
Março 2009			
229/70	04/03/2009	MT	TM/Landsat
231/69	15/01/2009	RO	TM/Landsat
Abril 2009			
226/68	15/04/2009	MT	TM/Landsat
226/69	02/05/2009	MT	TM/Landsat
228/70	30/04/2009	MT	TM/Landsat
231/60	05/05/2009	RR	TM/Landsat

Foram avaliados 40 Alertas (ou polígonos de desmatamento), representando 99,3 km^2 ou 50% da área total dos polígonos (197,3 km^2) indicados pelo DETER no período. O número de amostras pode ser considerado suficiente para a qualificação dos dados, entretanto, como é possível observar na Tabela 1, a avaliação pode não ser representativa para toda extensão da Amazônia, uma vez que as amostras se concentraram nos estados do Mato Grosso devido ao alto índice de cobertura de nuvens nos outros estados. Da área total avaliada, 98,2% foi confirmada como desmatamento e apenas 0,8% não apresentou indícios de desmatamento nas imagens de referência. O gráfico da Figura 8 e a Tabela 2 apresentam a síntese dos resultados dessas análises.

De acordo com a Tabela 2, da área total dos Alertas confirmados como desmatamento, 59,2% foram classificados como corte raso e 40% como floresta degradada. As áreas classificadas como floresta degradada de alta intensidade representaram 38,3% da área dos polígonos de Alerta e as de intensidade moderada e leve, totalizaram 1,68%, demonstrando que estágios iniciais e intermediários de degradação não são detectados com a mesma eficiência.

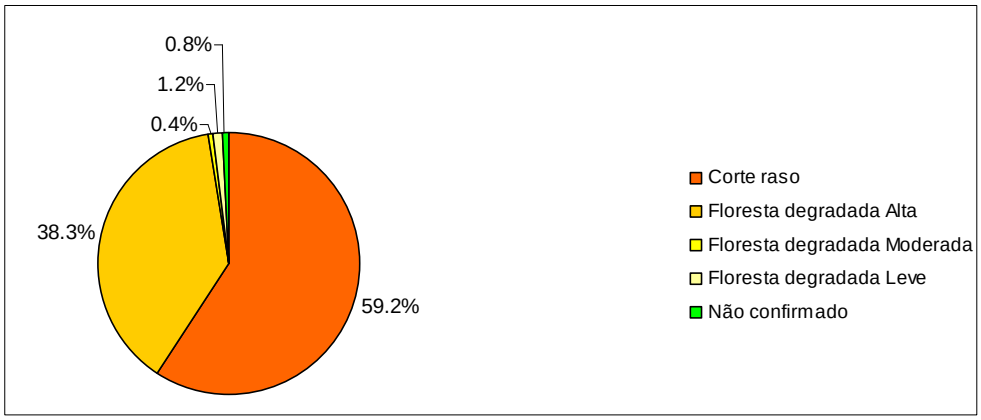


Figura 8. Proporção da área de Alertas qualificados como desmatamento por corte raso, degradação florestal Alta, Moderada e Leve e, não confirmados.

Tabela 2. Resultado da qualificação dos dados de fevereiro a abril de 2009.

	Área (km^2)	Confirmação (%)
1. Desmatamento	98,5	99,2%
1.1 Corte_raso	58,8	59,2%
1.2.Floresta_degradada_Alta	38,1	38,3%
1.3.Floresta_degradada_Moderada	0,4	0,4%
1.4.Floresta_degradada_Leve	1,2	1,2%
2. Não confirmado	0,8	0,8%
Total	99,3	

Os Alertas não confirmados como desmatamento corresponderam a 0,8% da área total dos polígonos, todos eles com tamanho menor que 0,5 km^2 (50 ha) (Tabela 3). O gráfico da Figura 8 mostra o resultado da análise por área e faixas de tamanho dos Alertas. Cerca de 27% dos Alertas qualificados como Floresta Degradada de intensidade Alta apresentaram área maior que 10 km^2 (1.000 ha), enquanto 13,7% dos Alertas qualificados como corte raso estavam nessa faixa de tamanho, indicando que o desmatamento por degradação florestal, tende a ocorrer em maiores extensões do que o desmatamento por corte raso. O índices de Alertas não confirmados foi baixo e ocorreu apenas na faixa de tamanho menor que 50 ha. Esse indicador sustenta o uso dos Alertas para a fiscalização, principal objetivo do DETER, uma vez que facilita a escolha e priorização dos Alertas para a vistoria de campo.

Tabela 3. Análise dos Alertas por área e faixas de tamanho.

Classes	Faixas de Tamanho – km²					
	2,7%	9,3%	10,6%	23,3%	13.3%	40.7%
	<=0.5	0.5 a 1	1 a 2	2 a 5	5 a 10	>10
Corte raso	0.8%	6.5%	9.6%	15.4%	13.3%	13.7%
Floresta degradada Alta	0.3%	2.0%	1.0%	8.0%	0.0%	27.0%
Floresta degradada Moderada	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Floresta degradada Leve	0.4%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Não confirmado	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

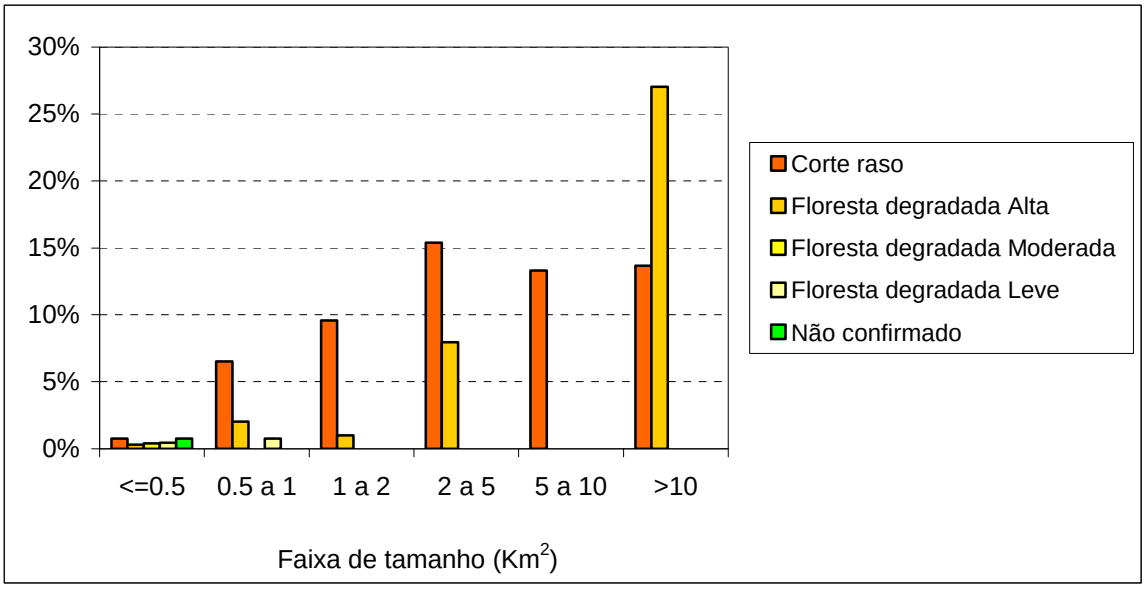


Figura 8. Qualificação dos Alertas por área e faixas de tamanho.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos da avaliação de fevereiro a abril de 2009 indicam um excelente desempenho do DETER em relação aos Alertas detectados, com 99% das áreas confirmadas como desmatamento. Entretanto, devido à alta proporção de cobertura de nuvens no período, grande parte da região não foi monitorada. Foram avaliados 40 Alertas, representando 99,3 km² ou 50% da área total dos polígonos (197,3 km²) indicados pelo DETER no período de fevereiro a abril de 2009.

Os Alertas indicaram principalmente desmatamentos por corte raso (59,2%) e por degradação florestal de intensidade Alta (38,3%), categorias em que a resposta do solo é predominante sobre a cobertura florestal escassa. Embora o número de Alertas analisados (50%) tenha sido considerado suficiente para a qualificação, a impossibilidade de se obter imagens livre para todas as regiões da Amazônia, reduziu a representatividade das análises. Dessa forma, os resultados obtidos nessa avaliação são mais representativos para o estado do Mato Grosso, onde se concentrou a maior parte dos Alertas avaliados.

O sistema DETER foi preciso na detecção de polígonos principalmente nas faixas de tamanho maiores que 0,5 km^2 (50 ha), fato decorrente da resolução espacial de 250 m das imagens Modis.

Os resultados obtidos na qualificação dos Alertas do trimestre mostraram-se consistentes com as avaliações realizadas para o período de agosto de 2006 a julho de 2007, agosto de 2007 a julho de 2008 e avaliações mensais e trimestrais disponíveis na página do DETER (http://www.obt.inpe.br/deter).