



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MJSP - POLÍCIA FEDERAL
SETOR DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA - SEGEO/INC/DITEC/PF
NOTA TÉCNICA Nº **23250682/2022-SEGEO/INC/DITEC/PF**

FATOR DE AJUSTE PARA IMAGENS SATELITAIS PROGRAMADAS

PROCESSO Nº 08200.013560/2020-31
INTERESSADO: SEGEO/INC/DITEC/PF

1. OBJETIVO

1.1. O objetivo desta Nota Técnica é estudar e propor um mecanismo que viabilize à Polícia Federal, e aos órgãos que venham a participar desse processo, acesso, para programação, a todo o portfólio de satélites e sensores da(s) constelação(ões) da(s) futura(s) contratada(s).

2. JUSTIFICATIVA

2.1. A demanda da Polícia Federal, dos demais órgãos de segurança pública do SUSP, bem como dos demais órgãos que venham a participar desse processo, é bem diversificada. Foi possível encontrar características comuns, entre os diversos satélites e sensores, para atendimento da maior parte dessas demandas. No entanto, existem demandas específicas, como de inteligência e apoio à operações, além de pesquisa e desenvolvimento de algoritmos, que fogem dessas características comuns.

2.2. É de conhecimento amplo que a gama de satélites e sensores, inclusive de uma mesma operadora satelital, é muito diversa em características. Assim, têm-se satélites com sensores de resolução de 30 cm, passando por sensores de resoluções de 40 cm e 50 cm, e até sensores próximos a 99cm de resolução espacial.

2.3. Além disso, cada sensor de satélite pode possuir diversas bandas espectrais, partindo do pancromático (1 banda tons de cinza), passando pelo RGB (Vermelho, Verde e Azul) e indo até NIR (Infravermelho próximo) e podendo chegar e até ultrapassar 8 bandas espectrais.

2.4. Esses sensores também podem variar na resolução radiométrica, ou seja, na quantidade de informação que conseguem coletar por cada ponto (pixel). Assim, temos satélites de 8 bits, 12 bits, 16 bits e até mais.

2.5. Percebe-se, portanto, que há variação nos requisitos da demanda e, também, variação nas características dos sensores para atenderem tal demanda.

2.6. Assim, é necessário:

- a) um estudo mais aprofundado sobre quais resoluções espaciais, espectrais e radiométricas estão disponíveis atualmente;
- b) validar o agrupamento de características realizado, por aquelas comuns para atendimento da maior parte da demanda;
- c) garantir a mais ampla participação possível em cada grupo da licitação;
- d) encontrar uma forma de:
 - d.1) não inviabilizar, ou de não tornar complexa demais, a licitação e a gestão/fiscalização contratual; e
 - d.2) viabilizar que o futuro contrato permita às instituições terem acesso à programação de coleta de imagens conforme a característica específica que sua demanda possa exigir.

3. RESOLUÇÕES ESPACIAIS E ESPECTRAIS DE IMAGENS PROGRAMADAS

3.1. Foi realizado amplo levantamento sobre os satélites com resolução melhor que um metro disponíveis no mercado. Esse levantamento incluiu o estudo de acervo para identificar quais satélites atenderiam as demandas da Polícia Federal no sentido de proverem imagens de acervo antigo que remontem aos anos de 2007 e 2008, devido ao marco do Código Florestal, bem como, no que concerne as imagens programadas, foi feito amplo levantamento junto as operadoras e na Internet.

3.2. Em abril de 2022, no intuito de detalhar e atualizar as informações sobre as constelações de cada operadora foi enviado um e-mail aos fornecedores de imagens satelitais no Brasil (pdfs anexos - [23729545](#)) e foram realizadas pesquisas em fontes abertas (Internet). Em seguida foi possível consolidar as informações na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Operadoras, satélites com resolução espacial melhor que 1 metro, resoluções espacial e espectral.

Operadora	Satélite	Resolução espacial	Resolução espectral
Airbus	Pleiades 1A e 1B	70 cm (pan) e 2m (MS)	4 bandas (R,G,B,NIR) + PAN
	Pleiades NEO 3 e 4	30 cm (pan) e 1,2 m (MS)	6 bandas (Deep Blue, B, G, R, Red edge, NIR)
	Pleiades NEO 5 e 6	30 cm (pan) e 1,2 m (MS)	6 bandas (Deep Blue, B, G, R, Red edge, NIR)
Airbus (satélite parceiro Reino Unido)	Vision - 1	87 cm (pan) e 3,48 m outras bandas	4 bandas (R, G, B, NIR) + PAN
BlackSky	Global Series (BSG)	85 cm a 1,3 m color	
Chang Guang Space Tech	Jilin-1 (J14)	50cm to 1.06m	4 bandas (GF/KF/Optical series)
	Jilin-1 (J15)	92cm	5 bandas (video series)
	Jilin-1 Night (J1N)	92 cm a 1,2 m	3 bandas (Video/GF03C series)
	Jilin-1 Video (J1V)	video 92 cm a 1,2 m	3 bandas (Video/GF03C series)
Head	SuperView Sv1 (1ª geração - 4 sats)	50 cm (pan) e 2m (MS) - 4 bandas	PAN mais 4 bandas
	SuperView SV2 (2ª geração - 1 sat)	42cm (pan) 1,6m MS - 8 bandas	PAN mais 8 bandas
	SuperView (3ª geração) (2 sats lançados em 04/2022)	30cm (pan) 1,2m MS	
	Earth Scanner (2 em órbita e 1 será lançado em jun/2022)	50 cm PAN 2m MS	4 bandas (R,G,B,NIR) + PAN
	Jilin GXA (1 sat)	72cm PAN 2,88m MS	
	Jilin Stereo (3 sats)	75 cm PAN 3 m MS	
	GaoFen-2 (1 sat)	80 cm (pan) e 3,2m (MS)	4 bandas (R, G, B, NIR) + PAN
	GaoFen 7 (1 sat)	65 cm PAN 2,6m MS	
	GaoFen 8	80 cm (pan) e 3,2m (MS)	5 bandas (R, G, B, NIR, PAN)
	GaoFen 9	80 cm (pan) e 3,2m (MS)	5 bandas (R, G, B, NIR, PAN)
	NighVision & Video Constellation	92 cm e 1,21 m	
	DailyVision 75cm (24 sats em órbita + 20 sendo lançados em 2022)	75 cm (pan) e 3,2 m (MS)	4 bandas (R, G, B, NIR) + PAN
	DailyVision 1m (JL-1GF03A/JL-1GF03B01, 02,03,04,05,06) (7 sats)	JL1GF03A 1, 06 m (pan) e 4,24 m (MS)	4 bandas (R, G, B, NIR) + PAN
		JL1GF03B1,2,3,4,5,6 - 0,98m (pan) e 3,92 m (MS)	
MAXAR	World View 2	46cm (pan) e 1,85m (MS)	8 bandas (R, Y, G, B, CoB, Redg, NIR, NIR) + Pan
	World View 3	31cm (pan), 1,24m (MS) e 3,7m SWIR	8 bandas (R, Y, G, B, CoB, Redg, NIR, NIR) + Pan + SWIR com 8 bandas
	World View 4	31cm (pan) e 1,24m (MS)	4 bandas (R, G, B, NIR) + PAN
	Geoeye	41 cm (pan) e 1,84 (MS)	4 bandas (R, G, B, NIR) + PAN
	Quick Bird	61 cm (pan) e 2,44 (MS)	4 bandas (R, G, B, NIR) + PAN
	Legion (6 sats) lançamentos com início entre 15/5 e 15/6/2022	29 cm (pan)	7 bandas (R, Y, G, B, CoB, Redg, NIR) + Pan
	IKONOS	82cm (pan) e 3,2m (MS)	4 bandas (R, G, B, NIR) + PAN
Orbita	OVS-2/3	90 cm (color only)	color Only

Planet	Skysat (21 satélites)	86cm (pan) e 1m (MS) (sats 1 e 2), 65cm (pan) e 81cm (MS) (sats 3 a 15), 58cm (pan) e 72cm (MS) (sats 16 a 21) (imagens são entregues reamostradas para 50cm)	4 bandas (R, G, B, IR) + PAN (16 bits cada banda)
Satelloptic	Mark IV (21 sats)	99 cm em cada banda multispectral	4 bandas (R, G, B, NIR) não tem pan
	Mark V (1 sat em órbita + 12 a serem lançados em 2022)	70 cm em cada banda multispectral	4 bandas (R, G, B, NIR) não tem pan
SIIS	Kompsat 2	1m (pan) e 4m (MS)	4 bandas (R, G, B, NIR) + PAN
	Kompsat 3	70 cm (pan) e 2,8m (MS)	4 bandas (R, G, B, NIR) + PAN
	Kompsat 3A	55cm (pan), 2,2m (MS) e 5,5 (NIR)	4 bandas (R, G, B, NIR) + PAN
21 AT	Triplesat (4 sats)	96 cm (pan) e 3,84 cm (MS)	4 bandas + PAN
	Deimos 2	75cm (pan) e 3m (MS)	5 bandas (R, G, B, NIR, PAN)

Legenda: Confirmação da operadora satelital - Azul (disponíveis para aquisição de imagens programadas), Verde (em fase de comissionamento ou lançamento previsto para 2022) e Vermelho (indisponíveis para programação).

- 3.3. De acordo com uma consulta às diretorias da Polícia Federal (SEI 08201.000153/2021-35) foi possível constatar que 36% dos gestores entendem que imagens melhores ou iguais a 1 metro de resolução espacial são suficientes para mais de 50% de sua necessidade e 64% dos gestores entendem que apenas imagens melhores ou iguais a 50 cm de resolução espacial atendem mais de 50% de sua necessidade. Assim, levando-se em conta que é requisito necessário que a resolução espacial das imagens seja melhor que 1 metro (pixel menor que 1 m²), devendo ser possível, também, obter imagens de resolução igual ou melhor que 80cm, 50cm e 30cm, optou-se por separar, pela resolução espacial, as diversas constelações existentes em dois grupos: melhor ou igual a 99cm e melhor ou igual a 49cm.
- 3.4. Reordenando-se e filtrando-se a Tabela 1, obtém-se a lista de resoluções disponíveis no mercado, conforme **Tabela 2**.

Tabela 2 – Lista de resoluções disponíveis em ordem crescente.	
Resolução espacial	Satélite
30 cm (pan) e 1,2 m (MS)	Pleiades NEO 3 e 4
31 cm (pan), 1,24m (MS) e 3,7m (SWIR)	World View 3
41 cm (pan) e 1,84 (MS)	Geoeye
42 cm (pan) 1,6m (MS) - 8 bandas	SuperView SV2 (2ª geração - 1 sat)
46 cm (pan) e 1,85m (MS)	World View 2
50 cm (pan) e 2m (MS) - 4 bandas	SuperView Sv 1 (Sv1, Sv1-2, Sv1-3, Sv1-4) (1ª geração - 4 sats)
50 cm (pan) e 2m (MS)	Earth Scanner (2 em orbita e 1 será lançado em jun/2022)
55 cm (pan) e 2,2m (MS) e 5,5 (NIR)	Kompsat 3A
58cm (pan) e 72cm (MS) (sats 16 a 21) 65cm (pan) e 81cm (MS) (sats 3 a 15)	Skysat (19 satélites)
65 cm (pan) e 2,6m (MS)	GaoFen 7 (1 sat)
70 cm (pan) e 2,8m (MS)	Kompsat 3
70 cm (pan) e 2m (MS)	Pleiades 1A e 1B
70 cm (MS)	Mark V (1 sat em órbita + 12 a serem lançados em 2022)
72 cm (pan) e 2,88m (MS)	Jilin GXa (1 sat)
75 cm (pan) e 3,2 m (MS)	DailyVision 75cm (24 sats em órbita + 20 sendo lançados em 2022)
75 cm (pan) e 3 m (MS)	Jilin Stereo (3 sats)
80 cm (pan) e 3,2m (MS)	GaoFen-2 (1 sat)
86 cm (pan) e 1,0 (MS) (sats 1 e 2)	Skysat (2 satélites)
87 cm (pan) e 3,48 m (MS)	Vision - 1
96 cm (pan) e 3,84 cm (MS)	Triplesat (4 sats)
98 cm (pan) e 3,92 m (MS) - JL1GF03B1,2,3,4,5,6	DailyVision 1m (JL-1GF03A/JL-1GF03B01,02,03,04,05,06) (7 sats)
99 cm (MS)	Mark IV (21 sats)

- 3.5. Mais recentemente, percebe-se uma tendência de lançamento de novos satélites, cada vez, com melhor resolução espacial. Diante disso, o agrupamento pela resolução espacial, conforme utilizado na presente contratação, faz sentido e deve considerar uma futura expansão para sensores melhores que 50 cm.
- 3.6. Assim, percebe-se que o agrupamento em 2 grandes grupos, um com sensores até 49 cm de resolução e outro com sensores melhores que 99 cm de resolução é pertinente, e diferencia, suficientemente, um grupo de outro. Nesse sentido, esclarece-se que as imagens do grupo até 99 cm são voltadas ao atendimento da maior parte da demanda, enquanto o grupo até 49 cm é voltado para demandas de maior detalhe, característica das ações de Inteligência, operações táticas e de planejamento de operações.
- 3.7. No entanto, ainda que os produtos tenham sido divididos em dois grupos, há uma diferença considerável entre a melhor e a pior resolução de cada grupo, ou seja, uma imagem com resolução espacial de 99cm ou de 50cm são produtos bem diferentes (em área, são ~4 vezes mais resolução espacial), mas estão incluídos no mesmo grupo. Assim, os licitantes apresentariam em suas propostas os sensores de menor custo, de pior resolução espacial, dentre todos que possuem à disposição, uma vez que o pregão é voltado para obtenção da proposta mais vantajosa quanto ao preço.
- 3.8. Para a maior parte dos pedidos de imagens de satélite uma resolução padrão resolveria, mas para algumas situações específicas são necessárias imagens que permitam a visualização com maior nível de detalhe e para outras situações específicas, imagens com menor nível de detalhe (e, portanto, mais baratas) poderiam solucionar o caso.
- 3.9. Licitar e contratar todas as resoluções possíveis de forma separada seria um processo muito demorado e trabalhoso, restringiria a participação dos licitantes, com risco de direcionamento da licitação a um ou outro fornecedor, além da perda de economia de escala e da possibilidade, durante a vigência contratual, de esgotamento e falta em um item e de sobra em outro. A separação em dois grupos (melhor que 59 e melhor que 99) resolve em parte o problema, favorece a competição entre as empresas, mas a questão das diferentes resoluções espaciais dentro de um mesmo grupo permanece.
- 3.10. Outra questão a ser abordada é que mesmo que a contratação abarque toda a constelação da empresa vencedora, seria possível que satélites melhores nunca fossem alocados para o atendimento de demandas da Polícia Federal, uma vez que a empresa possa ter concorrido no pregão almejando o imageamento com seus satélites de pior resolução possível dentro dos requisitos.

4. ANÁLISE DOS PREÇOS DE REFERÊNCIA

- 4.1. Foi realizada consulta aos diversos fornecedores do mercado ([23729545](#)) para que informem o preço unitário do km², para uma solicitação de, pelo menos, 100 km², com 4 bandas espectrais e 8 bits, para cada sensor e resolução disponível. Com as respostas, e devido a diferença técnico-comercial significativa, consolidaram-se as **Tabela 3** e **Tabela 4**.

Tabela 3 – Preços unitários por fornecedor para imagens melhores ou iguais a 49 cm de resolução espacial.

Resolução espacial	Satélite	SIB (e-mail)	HEX (proposta)	SCCON (proposta)	GlobalGeo (e-mail)	Geoadmin (e-mail)	TecTerra (e-mail)	Pregão ANA	Nova Terra (e-mail)
30 cm (pan) e 1,2 m (MS)	Pleiades NEO 3 e 4		294,34			449,00			
31 cm (pan), 1,24m (MS) e 3,7m (SWIR)	World View 3	244,99				469,00	310,00		464,96
41 cm (pan) e 1,65 (MS)	Geoeye	222,38					280,00		
42 cm (pan) 1,6m (MS) - 8 bandas	SuperView SV2 (2ª geração - 1 sat)								
46 cm (pan) e 1,85m (MS)	World View 2	207,31				409,00			

Tabela 4 – Preços unitários por fornecedor para imagens de 50cm a 99cm de resolução espacial.

Resolução espacial	Satélite	SIB	HEX	SCCON	GlobalGeo	Geoadmin	TecTerra	Pregão	Nova
--------------------	----------	-----	-----	-------	-----------	----------	----------	--------	------

		(e-mail)	(proposta)	(proposta)	(e-mail)	(e-mail)	(e-mail)	ANA	Terra (e-mail)
50 cm (pan) e 2m (MS) - 4 bandas	SuperView Sv 1 (Sv1, Sv1-2, Sv1-3, Sv1-4) (1ª geração - 4 sats)								
50 cm (pan) e 2m (MS)	Earth Scanner (2 em órbita e 1 será lançado em jun/2022)						260,00	106,00	
55 cm (pan) e 2,2m (MS) e 5,5 (NIR)	Kompsat 3A				45,00				269,94
58cm (pan) e 72cm (MS) (sats 16 a 21)	Skysat (19 satélites)			129,43					
65cm (pan) e 81cm (MS) (sats 3 a 15)									
65 cm (pan) e 2,6m (MS)	GaoFen 7 (1 sat)								
70 cm (pan) e 2,8m (MS)	Kompsat 3				34,00				182,19
70 cm (pan) e 2m (MS)	Pleiades 1A e 1B		202,14				180,00		
70 cm (MS)	Mark V (1 sat em órbita + 12 a serem lançados em 2022)	52,25					180,00		
72 cm (pan) e 2,88m (MS)	Jilin GXA (1 sat)						150,00	65,00	165,94
75 cm (pan) e 3,2 m (MS)	DailyVision 75cm (24 sats em órbita + 20 sendo lançados em 2022)								165,94
75 cm (pan) e 3 m (MS)	Jilin Stereo (3 sats)								165,94
80 cm (pan) e 3,2m (MS)	GaoFen-2 (1 sat)						120,00		
86 cm (pan) e 1,0 (MS) (sats 1 e 2)	Skysat (2 satélites)								
87 cm (pan) e 3,48 m (MS)	Vision - 1								
96 cm (pan) e 3,84 cm (MS)	Triplesat (4 sats)								
98 cm (pan) e 3,92 m (MS) - JL1GF03B1,2,3,4,5,6	DailyVision 1m (JL-1GF03A/JL-1GF03B01,02,03,04,05,06) (7 sats)								112,86
99 cm (MS)	Mark IV (21 sats)	42,5					100,00		

4.2. O propósito é buscar alguma curva que represente a variação de preços dos fornecedores ao longo das diversas resoluções espaciais. Porém, o modelo diferente de negócios de cada fornecedor, gera uma variação muito grande e atrapalha a obtenção, por regressão, de uma curva que represente toda a nuvem de pontos.

4.3. Apesar dessa dispersão, quando compara-se preços entre fornecedores, quando analisamos cada fornecedor isoladamente, percebe-se uma correlação entre o preço praticado e a resolução espacial.

5. **RELAÇÃO ENTRE PREÇO E RESOLUÇÃO ESPACIAL**

5.1. Assim, buscou-se a representação de uma curva que, com base no produto, e respectivo preço, que seria ofertado na licitação, representasse os demais preços praticados por cada fornecedor. A Tabela 5 representa o produto, e respectivo preço, que seria ofertado por cada fornecedor na licitação.

Tabela 5 – Preços unitários por fornecedor para imagens melhores ou iguais a 49 cm de resolução espacial.

Fornecedor	Grupo de imagens com resolução espacial igual ou melhor que 49cm			Grupo de imagens com resolução espacial entre 50cm e 99cm		
	Satélite	Resolução	Preço	Satélite	Resolução	Preço
SIB	World View 2	46	207,31	Mark IV	99	42,50
HEX	Pleiades NEO 3 e 4	30	294,34	Pleiades 1A e 1B	70	202,14
SCCON				Skysat	65	129,43
GlobalGeo				Kompsat 3	70	34,00
Geoadmin	World View 2	46	409,00			
TecTerra	Geoeye	41	280,00	Mark IV	99	100,00
Pregão ANA				Jilin GXA	72	65,00
Nova Terra	World View 3	31	464,96	DailyVision 1m	98	112,86

5.2. A partir desses dados, calculando-se as médias, obtém-se a representação gráfica conforme **Gráfico 1**.

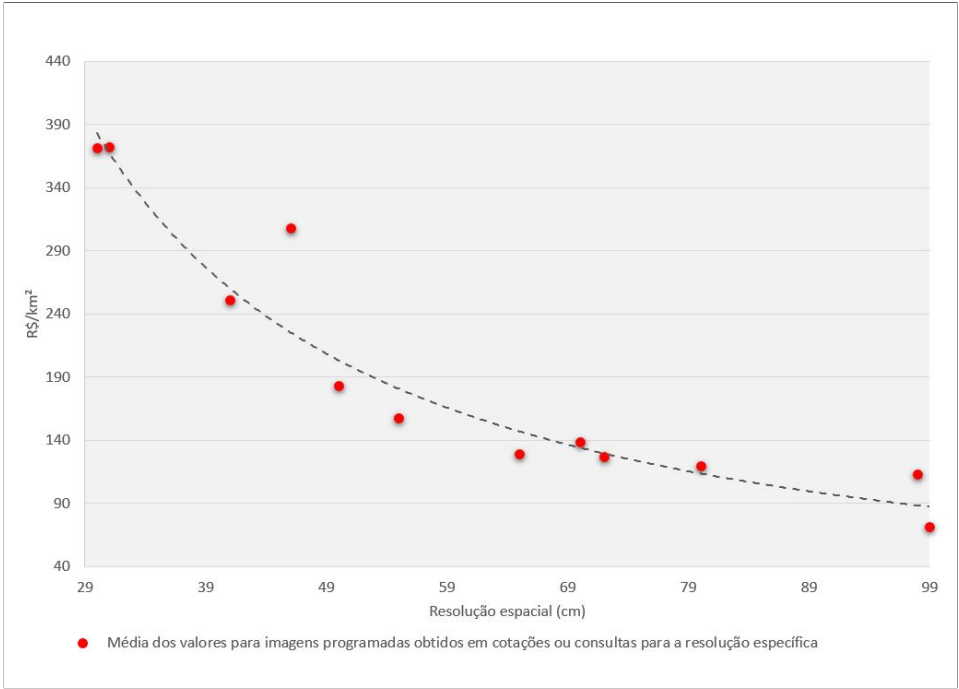


Gráfico 1 – Distribuição da média dos preços unitários em relação às resoluções espaciais.

5.3. Mesmo diante da grande dispersão da média, percebe-se, a partir da análise gráfica, que os preços possuem relativo aumento à medida que a resolução espacial melhora. Assim, fica validado o argumento de que um licitante que ofertasse, vencesse e fosse contratado para um determinado grupo da licitação, com um produto de pior resolução espacial

(mas que cumprisse com os requisitos mínimos do edital), não atenderia um pedido da Administração por um produto de melhor resolução espacial, sem respectiva contraprestação financeira por parte da Administração.

- 5.4. A partir dessa mesma linha de raciocínio, é possível deduzir que novos satélites que venham a ser lançados durante a vigência contratual, com resoluções espaciais melhores, também não seriam disponibilizados à Administração. Frisa-se que os satélites têm vida útil e que estão em constante evolução.
- 5.5. No intuito de equalizar essas diferenças e de viabilizar o acesso da Polícia Federal, e das instituições do Programa Brasil MAIS, às imagens de melhor resolução possível no mercado, incluindo de novos satélites que venham a ser lançados, há necessidade de se estabelecer uma forma de contraprestação para as contratadas que, a pedido justificado da Administração, forneçam produtos de especificação superior ao mínimo estabelecido no edital.
- 5.6. Vale ressaltar que essas demandas devem ser pontuais e devidamente justificadas, pois a maior parte da demanda que fundamentou a contratação deverá ser atendida pelo produto ofertado na licitação pela contratada, pois já atende ao requisitos mínimos estabelecidos no edital.
- 5.7. Como o preço médio para cada resolução espacial não é aconselhável, diante da grande variação de um fornecedor para o outro, é necessário verificar se existe correlação entre preço e resolução espacial de um mesmo fornecedor, de forma a se obter, uma equação que se aproxime o máximo possível das distribuições.
- 5.8. Aplicaram-se diversas técnicas de regressão sobre a série de dados de cada fornecedor, e foi verificado que a regressão logarítmica é a que melhor representa a variação dos preços ao longo das resoluções de um mesmo fornecedor. No entanto, pelas características comerciais divergirem entre os dois grupos de resoluções espaciais, a representação para imagens melhores ou iguais a 49cm é obtida pelo logaritmo na base 10 e para imagens entre 50cm e 99cm é obtida pelo logaritmo na base 2. As **Tabela 6** e **Tabela 7** representam o cálculo dos valores a partir da função logarítmica aplicada à resolução espacial e multiplicada pelo valor base do fornecedor (informado na Tabela 5).

Tabela 6 – Preços unitários, calculados a partir da função logarítmica base 10, por fornecedor para imagens melhores ou iguais a 49 cm de resolução espacial.

Resolução espacial	SIB (e-mail)	HEX (proposta)	SCCON (proposta)	GlobalGeo (e-mail)	Geoadmin (e-mail)	TecTerra (e-mail)	Pregão ANA	Nova Terra (e-mail)
30 cm	245,79	294,34			484,93			
31 cm	242,84				479,10	314,00		464,96
41 cm	217,67					280,00		
42 cm								
46 cm	207,31				409,00			
COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO	0,9927	-	-	-	0,9201	1,0000²	-	-

Tabela 7 – Preços unitários, calculados a partir da função logarítmica base 2, por fornecedor para imagens de 50cm a 99cm de resolução espacial.

Resolução espacial	SIB (e-mail)	HEX (proposta)	SCCON (proposta)	GlobalGeo (e-mail)	Geoadmin (e-mail)	TecTerra (e-mail)	Pregão ANA	Nova Terra (e-mail)
50 cm				45,83		198,55	99,19	
55 cm								206,91
65 cm			129,43					
70 cm	64,50	202,14		34,00		150,01		167,65
72 cm						145,94	65,00	163,06
75 cm								156,41
80 cm						130,74		
86 cm								
87 cm								
96 cm								
98 cm								112,86
99 cm	42,50					100,00		
COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO	1,0000¹	-	-	1,0000²	-	0,9706	1,0000²	0,9694

¹ Apesar da correlação ter resultado em 1,0000 (correlação perfeita), tal valor foi decorrente do número pequeno de amostras (2) na série.
² Apesar da correlação ter resultado em 1,0000 (correlação perfeita), e tal valor ter sido decorrente do número pequeno de amostras (2) em cada série, há forte correlação e proximidade dos valores.

- 5.9. Comparando-se as tabelas 6 e 7, que foram calculadas a partir das funções logarítmicas, e as tabelas 3 e 4, que foram decorrentes da pesquisa de mercado, percebe-se a aproximação obtida pela regressão logarítmica e que é confirmada pelo coeficiente de correlação apresentado.
- 5.10. A representação algébrica das fórmulas para ajuste referente a resolução espacial estão apresentadas a seguir:

$$FREsp_{49} = 1 + \log_{10}\left(\frac{E}{e}\right) \quad FREsp_{99} = \left(1 + \log_2\left(\frac{E}{e}\right)\right)$$

, onde

FREsp49 e FREsp99 são os fatores de correção referentes à resolução espacial, a serem aplicados nas demandas por resoluções específicas melhores que "E";

E é a resolução espacial GSD do produto ofertado pela licitante vencedora;

e é a resolução espacial específica solicitada;

6. **RELAÇÃO ENTRE TAMANHO DA IMAGEM E RESOLUÇÃO ESPECTRAL E RADIOMÉTRICA**

- 6.1. Em relação a resolução espacial e radiométrica, como atuam diretamente na quantidade de bandas e de bits por pixel, o volume de dados resultante será diretamente proporcional. Assim, para imagens sem compressão, uma imagem de 4 bandas terá metade do tamanho de uma imagem de 8 bandas, assim como uma imagem de 8 bits terá metade do tamanho de uma imagem de 16 bits.
- 6.2. Porém, há dois pontos a considerar: primeiro, a alteração do número de bandas ou do número de bits não altera a aquisição da imagem pelo sensor satelital, que é sempre realizada no maior número de bandas e no maior número de bits (maior representação radiométrica); e, segundo, que na presente contratação, as imagens serão entregues com compressão dos dados. Assim, diante de um cenário em que tenhamos pedidos com mais bandas ou mais bits em relação ao ofertado pela licitante vencedora, o fator de ajuste não será diretamente proporcional e precisa ser estimado para compor a fórmula final do fator de ajuste.
- 6.3. A partir de imagens de altíssima resolução obtidas em contratações anteriores, realizou-se a comparação do tamanho resultante do arquivo à medida em que se altera o número de bandas e o número de bits, resultando na **Tabela 8**.

Tabela 8 – Variação do tamanho do arquivo conforme alteração do número de bandas e número de bits da imagem, com e sem compressão de dados (imagem WorldView3).

Bandas	Bits	Compressão	Tamanho (MB)	Razão (R)	K (R-1)
4	8	-	35,737	1	
8	8	-	71,452	2	
4	16	-	71,452	2	
8	16	-	142,882	4	
4	8	LZW	31,332	1	0
8	8	LZW	72,050	2,3	1,3
4	16	LZW	40,171	1,28	0,28
8	16	LZW	97,752	3,12	2,12

- 6.4. A partir desses dados, é possível observar que a variação das bandas e bits, em arquivos com compressão, afeta o tamanho final do arquivo em função da razão entre o mínimo estabelecido em edital (4 bandas e 8 bits) e a quantidade desejada. Assim, como não se espera quantidade de bandas e de bits muito superiores às listadas na tabela, foi estabelecida uma média entre as razões do tamanho, obtendo-se as constantes 1,3 e 0,28 para número de bandas e número de bits, respectivamente.

6.5. Porém, como não há impacto na aquisição da imagem pelo sensor satelital, entende-se que o impacto adicional para a contratada, no ponto de vista técnico-operacional, será apenas de armazenamento e download. Assim, apenas uma fração da alteração causada pela resolução espectral e radiométrica desejada poderá ser considerada pelo fator de correção.

6.6. A partir da análise do documento "Lici. Mapa Comparativo de Preços SEGEO/INC/DITEC/PF" (SEI nº [23250667](#)), resultado de ampla pesquisa de mercado, tem-se que o preço de referência para download é de R\$ 10.802,83 por GB e o preço de referência para aquisição programada é de R\$ 188,67/km². Uma imagem multiespectral de 2 m de resolução espacial, com 36,5 km², 8 bits e 4 bandas, com compressão LZW, tem em torno de 31,332 MB, o que resulta em um custo de aquisição de R\$ 6.886,45, incluso custo de download de R\$ 394,30. Logo, o download contribui, em média, com 5,7% (cinco vírgula sete por cento), ou 0,057 do custo da aquisição da imagem programada.

6.7. Chega-se, assim, à representação algébrica da fórmula para ajuste referente à resolução espectral e radiométrica:

$$FSR = 1 + 0,057 \cdot \left[1,3 \cdot \left(\frac{S}{R} - 1 \right) + 0,28 \cdot \left(\frac{r}{R} - 1 \right) \right]$$

, onde

FSR é o fator de correção referente à resolução espectral e radiométrica, a ser aplicado nas demandas por resoluções melhores que "S" e/ou "R";

S é a resolução espectral do produto ofertado pela licitante vencedora;

R é a resolução radiométrica do produto ofertado pela licitante vencedora.

7. SOLUÇÃO ENCONTRADA

7.1. A correlação entre preço e resolução espacial, bem como entre tamanho da imagem e resoluções espectral e radiométrica, permitiu a obtenção, por regressão, das fórmulas apontadas em 5.4 e 6.7.

7.2. Assim, a representação algébrica das fórmulas para o fator de correção, pela junção das anteriores, estão apresentadas a seguir:

$$F_{49} = \left(1 + \log_{10} \left(\frac{E}{e} \right) \right) \cdot FSR$$

e

$$F_{99} = \left(1 + \log_2 \left(\frac{E}{e} \right) \right) \cdot FSR$$

, onde

F49 e F99 são os fatores de correção a serem aplicados nas demandas por resoluções específicas melhores que "E", "S" e/ou "R";

E é a resolução espacial GSD do produto ofertado pela licitante vencedora;

S é a resolução espectral do produto ofertado pela licitante vencedora;

R é a resolução radiométrica do produto ofertado pela licitante vencedora;

e é a resolução espacial específica solicitada;

s é a resolução espectral específica solicitada;

r é a resolução radiométrica específica solicitada; e

FSR é o fator de correção referente à resolução espectral e radiométrica.

8. CONCLUSÃO

8.1. Diante do estudo realizado, foi possível estabelecer a equação para o fator de correção para imagens programadas. Assim, deverá constar do Estudo Técnico Preliminar, anexo ao Termo de Referência, que:

“Em relação ao download das imagens programadas, a Contratante deverá, na ordem de serviço:

a) informar se deseja a aquisição dentro dos requisitos padrão do item contratado; ou

b) estipular qual a resolução espacial nativa, a resolução espectral e a resolução radiométrica desejadas, desde que esses requisitos sejam melhores que os requisitos mínimos do item contratado, sejam suportados pela constelação de satélites da Contratada e que a Contratada confirme ter capacidade operacional para atendimento dessa demanda. Esse pedido deverá ser devidamente justificado quanto a economicidade e a especificidade da demanda e, nesse caso:

I - será aplicado fator de ajuste para adequar a área demandada na ordem de serviço (área geográfica de interesse AOI) e efetivamente imageada (se a aquisição pelo satélite foi realizada) para a área a ser faturada (área a ser consumida da quota contratual); e

II - o fator de ajuste varia em função da resolução espacial (em centímetros), resolução espectral (quantidade de bandas) e resolução radiométrica (quantidade de bits por pixel), conforme demonstrado na Nota Técnica SEGEO/INC/DITEC/PF (SEI nº [23250682](#)), devendo ser calculado e informado na Ordem de Serviço, da seguinte forma:

IMAGENS PROGRAMADAS DE ATÉ 49CM	IMAGENS PROGRAMADAS DE ATÉ 99CM
$A_{Consumida} = A_{Efetiva} \times F_{49}$, onde	$A_{Consumida} = A_{Efetiva} \times F_{99}$, onde
$F_{49} = \left(1 + \log_{10} \left(\frac{E}{e} \right) \right) \cdot FSR$	$F_{99} = \left(1 + \log_2 \left(\frac{E}{e} \right) \right) \cdot FSR$
$FSR = 1 + 0,057 \cdot \left[1,3 \cdot \left(\frac{S}{R} - 1 \right) + 0,28 \cdot \left(\frac{r}{R} - 1 \right) \right]$	
F49 e F99 são os fatores de correção a serem aplicados nas demandas por resoluções específicas melhores que "E", "S" e/ou "R"; E é a resolução espacial GSD do produto ofertado pela licitante vencedora; S é a resolução espectral do produto ofertado pela licitante vencedora; R é a resolução radiométrica do produto ofertado pela licitante vencedora; e é a resolução espacial específica solicitada; s é a resolução espectral específica solicitada; r é a resolução radiométrica específica solicitada; e FSR é o fator de correção referente à resolução espectral e radiométrica.	

Ou seja, independentemente do tamanho da área do pedido (em km²), quanto melhor for a resolução espacial, espectral e radiométrica solicitadas, maior será o fator de correção, maior será o consumo da quota contratual em km² e, consequentemente, maior será o valor a ser pago à Contratada.

EXEMPLO

Para o grupo com resolução espacial de até 99 cm, caso tenha sido ofertada imagem com 90 cm de resolução, 4 bandas e 8 bits, e seja solicitada imagem com 70 cm e mantidos os padrões de resolução espectral e radiométrica, o fator de correção aplicado será:

$$FSR = 1 + 0,057 \cdot \left[1,3 \cdot \left(\frac{4}{4} - 1 \right) + 0,28 \cdot \left(\frac{8}{8} - 1 \right) \right] \Rightarrow FSR = 1$$

$$F_{99} = \left(1 + \log_2 \left(\frac{90}{70} \right) \right) \cdot FSR \Rightarrow F_{99} = 1,36257$$

Nesse caso, uma área do pedido de 100 km² será considerada como 136,26 km² para efeito de consumo de quota contratual e pagamento.

8.2. Também deverá constar do Termo de Referência a obrigação dos licitantes, em suas propostas, em listarem todos os satélites e sensores de suas constelações que desejam ofertar para cada item de imagem programada, e suas respectivas resoluções espaciais, espectrais e radiométricas, sendo adicionado como anexo ao contrato, uma tabela com os cálculos do fator de correção, para cada opção de programação (satélites, sensores e resoluções) informada pela licitante, a partir das características e preço da proposta vencedora

LAURA DIETZSCH
Perita Criminal Federal

CRISTIANO DA CUNHA DUARTE
Perito Criminal Federal
Chefe do SEGEO/INC/DITEC/PF



Documento assinado eletronicamente por **CRISTIANO DA CUNHA DUARTE, Perito(a) Criminal Federal**, em 07/07/2022, às 19:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **LAURA DIETZSCH, Perito(a) Criminal Federal**, em 07/07/2022, às 19:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.dpf.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **23250682** e o código CRC **FB029E37**.

Referência: Processo nº 08200.013560/2020-31

SEI nº 23250682

Criado por [laura.ld](#), versão 167 por [laura.ld](#) em 07/07/2022 18:25:22.