

"Les possibilités d'obtention de produits cartographiques avec l'utilisation de images du satellite SPOT"

Luis Antonio de Andrade
Direction de Service Geographique (DSG)
1341/204, rue Capitão Menezes, Praça Seca, CEP 21320
Rio de Janeiro, Brésil
Comission IV-3

SOMMAIRE

Le présent ouvrage, qui a été effectué pendant un stage de six mois dans l'Institute Geographique National de Paris, France aborde le développement d'une étude sur les possibilités d'obtention de produits cartographiques avec l'utilisation de images du satellite français SPOT. Dans l'étude ont été employé des images de niveau 1B du satellite SPOT, cartes topographiques dans l'échelles de 1:25.000 et 1:100.000 d'ailleurs a été choisi la surface de Brasilia, Brésil et effectué une spatiocarte dans l'échelle de 1:50.000. Dans le parcourir a été suivi une sequen- de pour la confection d'un produit cartographique qui commence avec l'obtention des données SPOT et termine avec l'impression d'un produit dans l'échelle de 1:50.000.

1. CONSIDERATIONS INITIALES

Le satellite français SPOT est allé lancé événement, à 22 fevrier 1986, pour la fusée ARIANE I, de la base de Kourou, dans Guiane Française, apportant comme les plus importantes nouvea- tés une résolution spatiale de dix mètres dans le mode panchroma- tique (P) et de vingt mètres dans de mode spectral multibande (XS), une meilleure répétition des observations, ainsi comme la possibilité d'obtention de visées obliques permettant en outre d'obtenir des couples stéréoscopiques d'images d'une même scène prises sous différents angles lors de révolutions orbitales successives du satellite. En plus de cela présente aussi d'au- tres qualités requises très intéressantes comme la rigidité de l'orbite en rapport a une vol d'avion (fait général en tout satellite d'observation de la terre), une variation d'attitude beaucoup inférieur a présenté par un satellite avec le miroir à balayage mobile, comme le LANDSAT, au delà des possibilités re- latives au enregistrement de variations des paramètres directe- ment liées à l'attitude du satellite. Ce conjoint d'innovations et qualités requises rennent les données originaires du satellite SPOT un important outil cartographique, principalement en s'occu- pant de cartes dans les échelles de 1:100.000 et 1:50.000.

La Direction de Service Geographique de l'arméé de Terre brésilienne (DSG), responsable direct par la cartographie sys- tématique du territoire national et par la confection de cartes géographiques thématiques d'intérêt militaire, il y a longtemps employe des images spatiales dans la confection de quelques des

ses produits et, pour tel, a travaillé en convention avec l'Institut de Recherches Spatiales (INPE), qui se trouve en São José dos Campos, dans la ville de São Paulo, avec l'utilisation de images du senseur "Thematic Mapper" (TM) du satellite américain LANDSAT, avec la résolution spatiale du 30 mètres, jusqu'ici le senseur avec la meilleure résolution disponible.

Toutes les innovations et qualités requises présentées pour le satellite SPOT, principalement la meilleure résolution spatiale et la possibilité de couverture stéréoscopique, ont fait en sorte que la Direction de Service Géographique s'intéressait pour la réalisation d'épreuves sur le nouveau produit, de façon à pouvoir estimer les royales possibilités de réalisation de documents cartographiques compatibles avec les règles de précision qui existent, principalement visant la complémentation de la cartographie national dans l'échelle de 1:100.000, confection de quelques produits dans l'échelle de 1:50.000, mise à jour du grand numéro de cartes qui déjà existe ainsi comme l'utilisation des images comme point d'appui de la confection de documents d'application militaire.

L'ouvrage, élaboré pendant un séjour d'un ingénieur cartographique de la DSG, dans l'IGN de Paris, a comme objectif évaluer les possibilités d'obtention de produits cartographiques avec l'utilisation de images du satellite SPOT. Il a été employé une méthode sophistiquée, à travers l'utilisation de techniques de télédétection, cartographie automatique, numérique et impression, jusqu'à l'obtention d'un produit final dans une surface du territoire brésilien.

L'utilisation du système automatisé d'IGN a visé l'acquisition de connaissances au-dessus l'opération de nouveaux appareils et l'utilisation de différentes méthodes parce que la DSG est actuellement par automatiser sa cartographie.

Les images employées dans l'ouvrage ont été acquérisées et la surface choisie a été Brasilia, la principale ville du Brésil. Elles sont multiespectreles et de niveau 1B et ont permises confectionner un produit cartographique planimétric de précision à travers la réalisation d'une correction géométrique avec l'utilisation de points d'appui retirés d'un document cartographique existant. L'échelle choisie a été de 1:50.000 et la composition colorée a été obtenu au milieu d'une combinaison linéaire parmi des bandes brutes. Pour l'obtention de la composition colorée ont été employés des techniques de télédétection. Les données complémentaires comme les écritures, les symboles, les signes conventionnels et l'habillage ont été pris de documents existants dans les échelles de 1:25.000 et 1:100.000, les mêmes introduis dans la carte avec l'utilisation de techniques de dessin cartographique et cartographie automatique.

2. PLAIN GÉNÉRAL SUIVI

Le plain général suivi est présenté dans la figure 1.

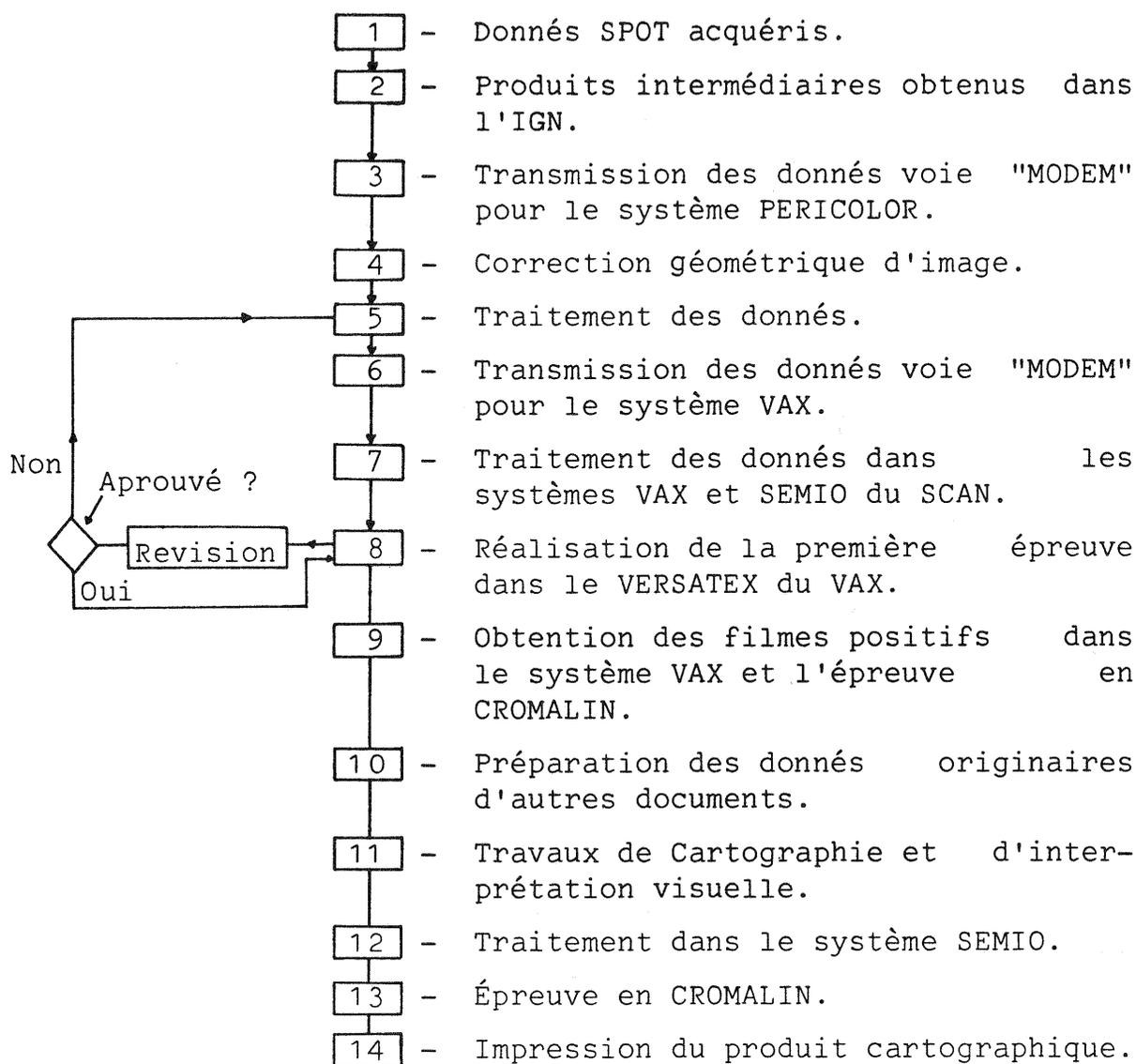


Figure 1 - Plain général suivi

3. SÉQUENCE DU TRAVAIL

La sequence employée a suivi les situations presentées dans la figure 1.

3.1 Donnés acquéris

Les donnés SPOT ont été acquéris au milieu de la société SPOT IMAGE.

Au debut a été réalisé une recherche sur la possibilité d'utilisation de images SPOT couvrant les surfaces du Brésil et principalement Brasília. Le résultat de la recherche a indiqué la choix d'une image de niveau 1B et multiespectral pour la confection d'un produit cartographique avec precision compati-

ble dans l'échelle de 1:50.000.

Alors, ont été acqueris une bande magnétique CCT 6250 Bpi d'image SPOT-1 710/382 XS du 09 mai 1986 du niveau 1B, avec la résolution de 20 mètres et les negatives des trois bandes multiples dans l'échelle de 1:400.000.

3.2 Produits intermédiaires obtenus dans l'IGN

Pour la réalisation de la correction géométrique et du traitement des données ont été créés deux produits intermédiaires en deux secteurs différentes d'IGN.

Le premier produit a été la transformation de la bande magnétique CCT 6250 Bpi pour deux bandes 1600 Bpi à travers le système VAX - 780.

Le deuxième dans le laboratoire photographique à travers l'augmentation des images des bandes 2 et 3 pour l'échelle de 1:100.000.

3.3 Transmission des données voie "MODEM" pour le système PERICOLOR

Les données gardés dans le système VAX en trois bandes ont été alors transmis voie "MODEM" pour le système PERICOLOR et engendrés au début trois images reechantillonnées à pas de sept pixels pour chaque bande. Après ils ont été engendrées 16 images pour chaque bande relatives à modules de 256 x 256 et finalement ils ont été gravés 4 images relatives à chaque bande de 512 x 512 qui ont permis la réalisation d'un travail sur le module de 1024 x 1024 balayant toute la surface d'intérêt qui a été choisi dans l'image entière.

3.4 Correction Géométrique d'image

La correction géométrique d'image a été réalisée dans le système PERICOLOR d'IGN.

L'image était pratiquement en superposition avec la carte par être la région choisie plain et l'angle de prise de vue presque de la vertical (8.8°E). Par le tableau au-dessous l'écart espéré était à l'intérieur d'un intervalle au milieu de 8 et 18 mètres.

TABLEAU 1

TABLEAU QUI DONNE LE DÉVIATION

EN FONCTION DU DÉNIVELLEMENT ET

DE L'ANGLE DE PRISE DE VUE

θ H	0°	10°	30°	60°
20 m	0	3,5 m	12 m	35 m
50 m	0	8,0 m	29 m	87 m
100 m	0	18,0 m	58 m	173 m
500 m	0	88,0 m	289 m	866 m
1000 m	0	176,0 m	577 m	1732 m

Ainsi, il y avait de petites diversités qui ont justifié la réalisation d'une correction géométrique. La correction réalisée n'a pas considéré les données d'attitude mesurés pendant la prise de vue.

Donc, ont été choisi 8 points d'appui complètement identifiés dans les images et cartes (1:25.000 et 1:100.000) pour la réalisation de la correction en considération. Les coordonnées pixel-ligne, la position dans l'image et les détails de chaque point sont montrés dans la figure 2.

Point	Détails
1	Croisement de deux routes
2	Lac Paranoá, en face de la lagune
3	Milieu du cimetière
4	Portion droite de la pont
5	Croisement du fleuve avec le chemin de fer
6	Croisement des routes
7	Rencontre de deux ravins
8	Lac Paranoá

<p>• 1 142 337</p> <p>3 420 486</p> <p>• 4 712 484</p> <p>• 5 218 873</p>	<p>• 6 435 731</p> <p>• 7 604 819</p> <p>• 8 916 535</p> <p>• 9 910 311</p>
---	---

Figure 2 - Points d'appui choisis, positions dans l'image, coordonnées pixel-ligne et détails de chaque point.

Après la sélection des points ont été utilisés la chambre Thompson et le "CODIV" pour possibiliter la détermination en

pixel-ligne des points d'appui choisis, retirés des cartes topographiques. Pourtant, le système a rendu possible la réalisation de la visualisation ensembles image-carte, directement dans le video du PERICOLOR.

Finalement, a été utilisé un programme de correction géométrique qui permet faire soumettre en même temps à une image, les opérations du translation, dilatation ou bien compression et rotation. Le modèle employé est linéaire et de la forme:

$$X_S = A_0 + A_1 X_D + A_2 Y_D$$

$$Y_S = B_0 + B_1 X_D + B_2 Y_D$$

avec X_S, Y_S : coordonnées source

X_D, Y_D : coordonnées destination

A_0, A_1, A_2, B_0, B_1 : constantes

3.5 Traitement de données

Après la réalisation de la correction géométrique a été fait le traitement des données pour l'obtention d'une composition colorée. L'objectif a été donner la couleur naturelle à supériorité des buts dans l'image.

Pour ceci, a été utilisé le logiciel du PERICOLOR 1500 et la séquence du travail a été la suivante:

3.5.1 Rehaussement de contraste

Le rehaussement de contraste correspond à un produit de convolution dans une fenêtre de 3 x 3 pixels. En considérant les valeurs des 9 pixels de la fenêtre, la valeur du pixel central N_a a été compté avec l'utilisation des facteurs de pondération d'un filtre, comme on peut observer dans les formules au-dessous:

A	B	C	Na	Nb	Nc
D	E	F	Nd	Ne	Nf
G	H	I	Ng	Nh	Ni

$$N'a = \frac{A Na + B Nb + C Nc + \dots + I Ni + T}{P}$$

Dans le cas d'un rehaussement moyen, le filtre utilisé c'est:

$$\begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 2 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix} \quad \text{avec } P = 0 \text{ et } T = 0$$

3.5.2 Amélioration radiométrique des bandes

Après la réalisation du traitement antérieur a été réalisé l'amélioration radiométrique des bandes à travers le calcul du histogramme de chaque bande, analyse des pixels au milieu des niveaux minimes et le plus grand ainsi comme le pourcentage des pixels de chaque niveau. Postérieurement, avec les données de chaque bande, ont été déterminé les valeurs N et W à travers la fonction linéaire $G = 2$ et a été changé le contraste d'image.

La figure 3 montre la courbe linéaire $G = 2$, où peuvent être observés que tous les contenus inférieurs au niveau N sont traduits par noir et les supérieurs à $N + W$ par blanc, dans le cas d'utilisation d'une échelle des niveaux de gris.

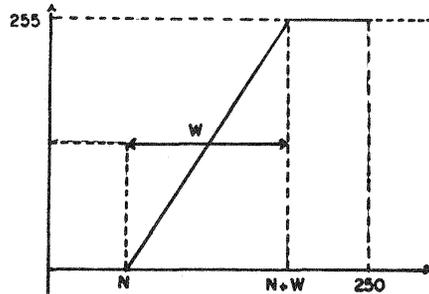
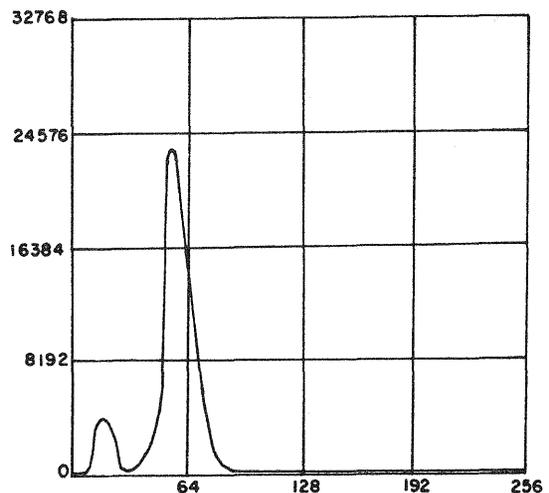


Figure 3 - La courbe linéaire $G = 2$

Les figures 4, 5 et 6 représentent respectivement l'image d'un module de la bande 3 avant à traitement, le histogramme et l'image améliorée.



Figures 4 et 5 - Image de la bande 3, avant le traitement et histogramme de la même bande.

À travers l'examen, il s'approche a $N = 12$, $N + W = 92$ et, conséquemment l'utilisation des valeurs $N = 12$ et $W = 80$, qui ont été employées pour l'obtention d'image de la figure 6.



Figure 6 - Image améliorée de la bande 3

La même méthode a été utilisée pour l'obtention des images améliorées des bandes 2 et 1 et les paramètres choisis ont été les suivants:

Bande 2 $N = 20$ $W = 60$

Bande 1 $N = 32$ $W = 62$

3.5.3 Composition colorée fausse-couleur

Après l'obtention de l'amélioration radiométrique des bandes, a été obtenu une composition colorée fausse-couleur avec l'association de la bande 3 à couleur rouge, 2 à vert et 1 à bleu.

Le resultat pourra être observé dans la figure 7.

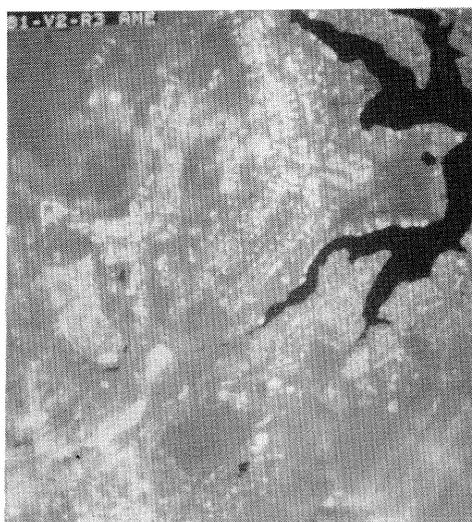


Figure 7 - Composition colorée fausse-couleur(R_3 V_2 B_1)

3.5.4 Composition colorée pseudo-couleur naturelle

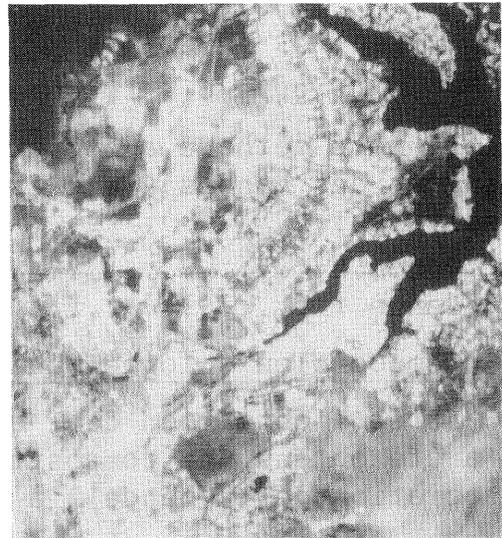
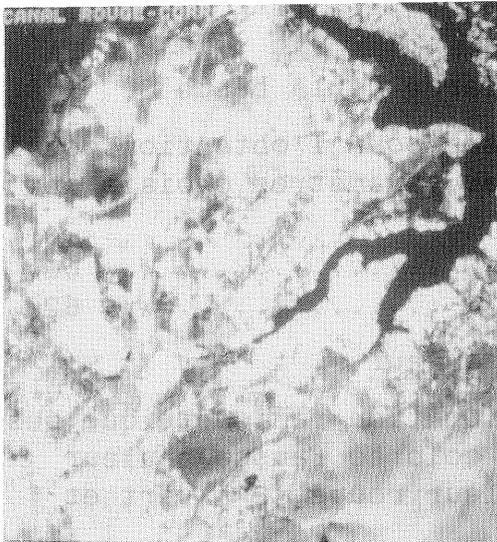
Le combinaison linéaire utilisé a été la suivante:

$$\begin{aligned} \text{Bleu} &= Xs_1 + 1/4 Xs_2 & Xs_1 &: \text{valeur bruit de la bande 1} \\ \text{Vert} &= 1/2 Xs_2 + 1/2 Xs_3 & \text{ou } Xs_2 &: \text{valeur bruit de la bande 2} \\ \text{Rouge} &= Xs_2 + 1/2 Xs_3 & Xs_3 &: \text{valeur bruit de la bande 3} \end{aligned}$$

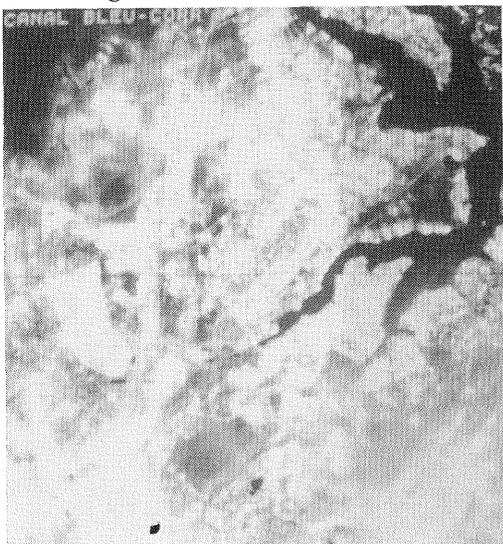
Après l'obtention des nouvelles bandes bruits les mêmes ont été traitées de la forme déjà décrite avec les paramètres:

ROUGE - N=50, W=47 Vert - N=25, W=56 Bleu - N=42, W=40

Les figures 8, 9 et 10 présentent, respectivement les nouvelles bandes rouge, vert et bleu déjà améliorées et géométriquement corrigées. La figure 11 présente la composition colorée pseudo-couleur naturelle objectif final du travail de télédétection.



Figures 8 et 9 - Bandes "rouge" et "vert" améliorées



Figures 10 et 11 - Bande "bleu" améliorée et composition colorée pseudo-couleur naturelle

3.6 Transmission des données voie "MODEM" pour le VAX 780 et 750

De la même manière que les données sont arrivés au PERICOLOR, ils sont maintenant transmis de retour pour le système VAX-780 et, postérieurement pour le VAX-750. Les systèmes sont liés par un réseau ETHERNET.

3.7 Traitement des données dans les systèmes VAX et SEMIO

Le fichier envoyé par le système PERICOLOR et qui correspondent les couleurs bleu, vert et rouge, a été transformé en bande magnétique 1600 Bpi par le système VAX.

Par occasion de la génération a été fait une correspondance au milieu de chacun des 12 niveaux remis et un pourcentage de trame, semblable spécification général du tableau 2. Ils ont été insérés aussi, automatiquement, valeurs d'angles d'inclinaisons différentes pour les 3 bandes engendrées. Les valeurs utilisées ont été 60 % pour le bleu, 30 % pour le rouge et 0 % pour le vert. Pour la couleur noire a été attribuée une valeur angulaire de 45°. La bande magnétique a été, alors, reçue pour le système SEMIO.

TABLEAU 2

NIVEAU DE PERICOLOR ET PERCENTAGE DE TRAME

NIVEAU DE PERICOLOR	PERCENTAGE DE TRAME
1	100 %
6	32 %
12	0 %

3.8 Réalisation de la première épreuve dans le VERSATEX du VAX

Après le traitement antérieur a été fait une épreuve dans le VERSATEX du système VAX, avec l'objectif de faire une vérification du conduite de la géométrie et des frontières des zones.

3.9 Obtention des films positifs dans le système VAX et l'épreuve en cromalin

Les trois positifs sont engendrés par la chambre à laser qui est commandée par l'ordinateur HP-21MXE. Les mêmes ont été révélés, fixés et lavés ainsi comme une épreuve en cromalin a été réalisée.

3.10 Préparation des données originaires d'autres documents

Avec l'épreuve en cromalin ont été choisi des écritures, symboles conventionnels, quelques points cotés, détermination des origines des coordonnées, données de habillage, etc ...

La majorité des données ont été prises des cartes dans les échelles de 1:25.000 et 1:100.000.

3.11 Travaux de Cartographie et d'interprétation visuelle

Après la réalisation de la préparation des données ils ont été remis pour la section de dessin cartographique avec l'objectif de la réalisation de travaux nécessaires à la génération d'un positif des données choisis.

Les principales routes ont été interprétées visuellement sur l'image et un original a été dessiné.

3.12 Traitement dans le système SEMIO

Les données obtenus ont été lus pour le scanner du système SEMIO et insérées automatiquement dans le travail. Quatre nouveaux positifs ont été engendrés et une nouvelle épreuve en cromalin a été faite. La figure 12 présente l'épreuve en cromalin.



Figure 12 - L'épreuve en cromalin

3.13 Impression du produit cartographique

Le produit a été imprimé dans l'IGN et la carte sera montrée à l'occasion de la présentation d'ouvrage.

4. RÉSULTATS OBTENUS

Le produit en question, est planimétrique, dans l'échelle de 1:50.000 et fait à partir des images de niveau 1B du satellite SPOT.

L'image a été géométriquement corrigée et superposée à la carte qui existe à travers l'utilisation de points d'appui retirés de documents cartographiques (échelles de 1:25.000 et 1:100.000).

En vertu de la région être plane et d'angle de prise de vue utilisée être pratiquement vertical, les déformations occasionnés pour l'effet du relief ont été insignifiantes et pratiquement ont éliminé la nécessité de la réalisation d'un prétraitement plus sophistiqué (niveau 3 du SPOT).

4.1 Précision Cartographique du produit

Pour la définition du modèle de la précision cartographique du produit, ont été considérés les spécifications persistantes des instructions régulateuses des règles techniques de la Cartographie Nationale.

Pour la correction géométrique ont été considérés 8 points d'appui identifiés de l'image avec la carte topographique dans l'échelle de 1:100.000.

Après le traitement de données, a été engendré le produit final dans l'échelle de 1:50.000 et, pour l'évaluation de la précision cartographique ont été retirés les coordonnées planimétriques de 10 points choisis aléatoirement dans la carte topographique de Brasília, l'échelle de 1:25.000, parfaitement identifiées dans la spatioscarte, avec l'objectif de la réalisation d'une étude comparative entre les coordonnées retirées des deux systèmes de références. L'écart moyen calculé a été 0.223 mm, résultant dans un modèle de la précision cartographique de 0.3710 mm. Les résultats classifient le produit comme classe A pour la surface du travail. Les dix points peuvent être vus dans la figure 13.

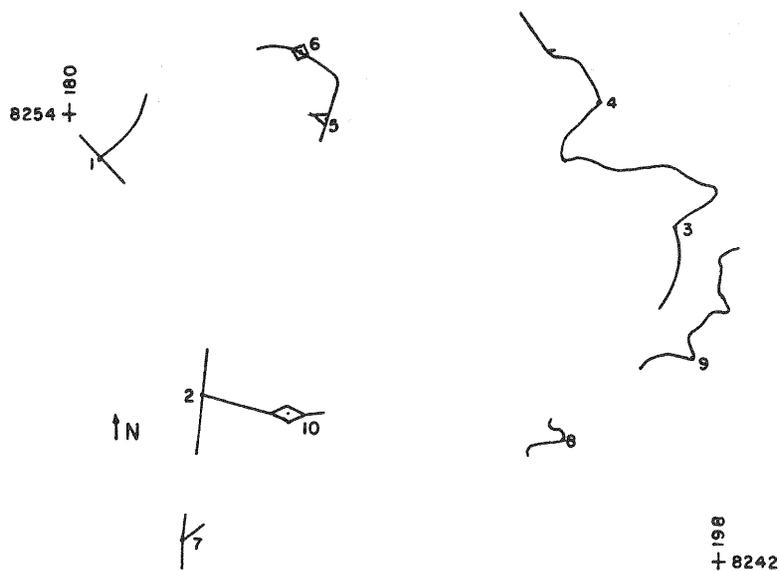


Figure 13 - Points sélectionnés pour la définition du PEC

4.2 Traitements des données pour l'obtention de la pseudo-couleur naturelle

Comme les trois bandes spectrales contiennent les régions du vert, rouge et infra-rouge proche, le travail a visé aussi la réalisation d'une combinaison linéaire entre les bandes, pour possibiliter l'obtention d'une pseudo-couleur naturelle.

Les données ont été traitées dans le système PERICOLOR et la nouvelle composition a permis l'obtention de couleurs bien proches des couleurs naturelles des principales buts d'intérêt (eau, sol, végétation, etc ...).

4.3 Traitement automatique

Le traitement a montré l'efficacité, rapidité et précision, principalement lorsque le même est fait à partir les images orbitales. Il a permis l'obtention de positifs finals d'haute qualité.

Malgré le prix du traitement automatique être bien supérieur à la méthode conventionnelle, existent de plusieurs avantages qui justifient l'emploi de méthode automatique, principalement dans la confection de spatiocartes.

5. CONCLUSION

L'ouvrage a permis faire une évaluation des possibilités d'obtention des produits cartographiques à partir les images du satellite SPOT. Quelques produits possibles sont spatiocartes, mise à jour des cartes topographiques, l'utilisation d'images pour l'emploi militaire et cartes topographiques au trait.

5.1 Spatiocartes

Le produit pourra être facilement obtenu et sa précision dépendra de la résolution spatiale possible (10 mètres en P et 20 en Xs), du niveau de prétraitement (1B, 2, 3) et de la précision des documents utilisés pour l'extraction des coordonnées des points d'appui.

L'utilisation des niveaux de prétraitement plus ou moins sophistiqué dépendra d'angle de prise de vue utilisé et du dénivellement maximum.

Pour la spatiocarte de Brasilia a été suffisant l'utilisation d'images de niveau 1B et la réalisation d'une correction géométrique pour considérer les prescriptions demandées dans la confection d'un document cartographique dans l'échelle de 1:50.000. L'existence de plusieurs points d'appui et des cartes dans l'échelle de 1:25.000 ont facilité le travail.

Dans le cas de ne pas exister des documents cartographiques il faudra l'obtention de, au moins, 8 points parfaitement identifiables dans les images, à travers l'utilisation de quelques

procédures (doppler, GPS, etc ...)

5.2 Mise à jour de Cartes topographiques

Le présent ouvrage a montré aussi, que les images SPOT peuvent être considérées comme un puissant outil pour la mise à jour de cartes topographiques, principalement dans les échelles de 1:100.000 et 1:50.000.

Le mode panchromatique avec la résolution spatiale de 10 mètres devra avoir préférence sur le mode spectral multibande pour la mise à jour de cartes.

5.3 Utilisation d'image pour l'emploi militaire

Toutes les caractéristiques des images SPOT, démontrent que les mêmes auront considérable utilité pour les applications militaires.

Le traitement numérique des images permettra la confection de produits thématiques qui pourront avoir un grand emploi militaire.

Les classifications supervisées, non supervisées et amélioration radiométrique des bandes sont des exemples d'artifices qui pourront être utilisées pour l'obtention de produits d'intérêt militaire.

5.4 Cartes topographiques au trait

Les images SPOT permettent aussi la confection de cartes topographiques au trait à partir de la restitution de couples stéréoscopiques de niveau 1A.

Les premiers produits photogramétriques ont été imprimés pour l'IGN pendant la dernière année.

6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDRADE, L.A Metodologia para a Confecção de Mapas Temáticos utilizando dados TM LANDSAT. Dissertação de Mestrado, INPE 3893 - TDL/225, São José dos Campos, São Paulo, 1986, 10700.

FRANCE Institut Géographique National. Action de Développement D'évaluation et de formation en Photogrammétrie et Cartographie Spatiale SPOT, 1987, 32pp.

_____ Bulletin D'information de L'IGN n° 53 1986.

_____ CNES S-NT-081-0091-CN. Géométrie de la Prise de vue SPOT, 1983.

NUMELEC Periodor 2001. Logiciel Mega - Pericolor, 1986.