

Quantificazione della componente ombra nelle chiome di *Araucaria angustifolia* in immagini digitali ad altissima risoluzione

Vagner Alex Pesck (*), Attilio Antonio Disperati (*), Juliana Disperati (***),
João Roberto dos Santos (**), Alynne Rudek (*)

(*) UNICENTRO - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Departamento de Engenharia Florestal
PR-153. Km 7, Bairro: Riozinho, 84.500-000 – Irati, Paraná, Brasil

email: vagneralex@yahoo.com.br; disperati@avalon.sul.com.br; alynnerudek@hotmail.com

(**) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Departamento de Sensoriamento Remoto
Av. dos Astronautas, 1758, São José dos Campos, SP, 12.227-010 - Brazil, email: jroberto@dsr.inpe.br

(***) Libera professionista, consulenze GIS – C.so XXIII Marzo 158 – 28100 Novara, das75@fastwebnet.it

Riassunto

Il presente lavoro utilizza fotografie aeree a colori normali 70mm, ingrandite alla scala 1:1.000 e successivamente digitalizzate, con l'obiettivo di determinare la quantità di ombra esistente nelle chiome di *Araucaria angustifolia*, tramite la tecnica “object oriented”. Sono state considerate dodici singole chiome e dodici gruppi di Araucaria. Le chiome di araucaria presentano ~32+5% percentile di ombra. La maggiore variabilità della percentuale di ombra è stata riscontrata più nei raggruppamenti di Araucaria che nelle singole chiome. La maggior parte dell'area ombreggiata, negli alberi di araucaria, si trova nell'estremità della chioma.

Abstract

The present paper make uses of 70 mm 1:1.000 normal color aerial photographs digitized in order to quantify the amount of shadow in the crowns of *Araucaria angustifolia*, using the technique oriented classification object. It was considered 12 individual and 12 clusters of araucaria crowns. The araucária crowns had ~ 32 ± 5% of shadow. Higher variability of the shadow size was found in clusters of araucária as opposed to individual crowns. The majority of the shaded area is located at the ends of the crown.

Introduzione

Negli ultimi dieci anni si ha una maggiore disponibilità di immagini digitali, aeree e orbitali, ad altissima risoluzione spaziale, ossia immagini in cui la dimensione del pixel è inferiore ad un metro. Con questo tipo di prodotti è possibile osservare la parte superiore degli alberi in maniera dettagliata, comprese le chiome, i rami, la parte ombreggiata tra i rami, le ombre periferiche tra le chiome, etc. Questo consente di esaminare i singoli alberi, non solo il bosco, consentendo un delineamento delle rispettive chiome (GOUGEON, 1999). La specie forestale esaminata in questo studio è *Araucaria angustifolia*. Conosciuta come “Brazilian pine” o Araucaria, questa specie ha un elevato valore commerciale e presenta caratteristiche dominanti nella Floresta Ombrófila Mista, si sviluppa naturalmente nelle altitudini al di sopra dei 600m nelle regioni del Paraná e Santa Catarina, nel sud del Brasile. Nell'età adulta, l'Araucaria ha una chioma circolare, rami radiali ed estremità a ciuffi, domina lo strato superiore della foresta. La chioma può raggiungere i 20m di diametro. La mappatura individuale della specie può fornire il controllo del taglio illegale, in un'area forestale, tramite l'immagine digitale ad elevata risoluzione. Recentemente, il delineamento delle chiome di araucaria è stato realizzato, come citato da Disperati et al (2009a) e Disperati et al (2009b), utilizzando immagini IKONOS-2 e la banda infrarosso del QuickBird-2, rispettivamente.

Utilizzando quale base di l'elaborato di Warner et al (1999), che ci indica che il metodo più semplice per identificare le chiome dei singoli alberi è tramite le sue ombre periferiche. Disperati e Oliveira Filho (2005), utilizzando fotografie aeree 70mm, colore normale scala 1:1 000, dimostrano la difficoltà a delimitare le chiome di araucaria tramite le sue ombre periferiche. I risultati hanno messo in evidenza la necessità di caratterizzare meglio le chiome di araucaria, specialmente la componente ombra tra i rami di araucaria, tramite fotografie aeree, scala 1:1.000, digitalizzate, e tecniche di classificazione orientata ad oggetto.

Materiali e Metodi

L'area di studio, di quattro ettari, è localizzata all'interno della Floresta Nacional de Irati (FLONA de Irati), nei comuni di Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares, a circa 150km ad ovest di Curitiba, capitale dello Stato del Paraná, in Brasile. Essendo un'area di 3.495 ettari, la FLONA presenta il 36% (1.272,9 ettari) di foresta nativa con predominanza di *Ilex paraguariensis*, *Ocotea porosa*, *Ocotea odorifera*, *Cedrela fissilis*, oltre ad altre specie. Secondo la classificazione climatica di Köppen, l'area há un clima tipo Cfb con frequenti gelate invernali. La temperatura media massima è di 24,2°C e la media minima di 11,0°C. L'indice di piovosità mensile è di 193,97 mm e l'umidità media relativa dell'aria mensile è di 79,58%.

Sono state utilizzate tre fotografie aeree di 70mm colore normale non-metriche con copertura media del 38%, ingrandite (21 x 28 cm) alla scala 1:1.000, risultanti da una linea di volo con copertura fotografica di 15 fotografie, in scala originale 1:5.000, realizzate nella Flona di Irati il 5 agosto il 2002. Le fotografie aeree sono state digitalizzate tramite lo scanner da tavolo HP Scanjet 3570-c, con risoluzione di 300 dpi, ottenendo una dimensione pixel di 8,5 cm o 0,007225 m². Ogni fotografia aerea digitale contiene 3 bande, così caratterizzate: banda 3 nel canale R (Red), banda 2 nel canale G (Green) e banda 1 nel canale B (Blue). Nelle fotografie aeree utilizzate non è stato effettuato alcun procedimento di normalizzazione radiometrica.

I dati digitali delle immagini sono stati elaborati con il software ENVI 4.6 ed il suo modulo FX (Feature Extraxtion). Nel modulo FX sono stati utilizzati l'algoritmo di segmentazione edgebased utilizzando il parametro di scala e le regole di classificazione.

Il primo step dell'elaborazione digitale è stata la rettificazione (*Interactive Stretching*) delle fotografie per distaccare le chiome di araucaria. Nelle immagini rettificate sono state delimitate manualmente, sul monitor del computer, dodici chiome singole e dodici raggruppate. Successivamente è stata inserita una maschera per isolare le chiome delle altre informazioni contenenti nelle fotografie. Si è scelto di selezionare chiome singole e raggruppate per poter verificare se esisteva differenza nella percentuale di ombra comparando i tagli delle chiome singole e raggruppate. Sono state poi delimitate manualmente le singole chiome e quelle raggruppate in ognuna dei 24 tagli. Nelle chiome singole, la delimitazione è stata realizzata seguendo il perimetro quasi circolare e caratteristico della specie. È stato analizzato l'intervallo dei valori digitali (DN) dei tagli delle chiome, tramite il comando *cursor location value*, come latifolie del sotto bosco, ombra, rami e ciuffi di Araucaria per dare maggior supporto al modulo FX come base per la successiva elaborazione.

Sono stati eseguiti numerosi test per definire il livello di scala e segmentazione più adeguato all'oggetto d'interesse (ombra), definendo il valore di scala 40 per tutti i tagli. Il passo successivo è stata l'assegnazione degli attributi, spettrali, spaziali, testura, colore spaziale e motivi delle bande, procedimento automatico del software ed indipendente dall'attuazione dell'analista. Al termine di questa fase si è proceduto all'estrazione delle features utilizzando gli algoritmi, basati nella *logica fuzzy*, tramite la classificazione per regole (RSI, 2008b), seguita dalla postclassificazione per ogni taglio nell'ENVI 4.6.1 tenendo il conteggio del numero di pixels classificati come rami e ciuffi.

Durante il taglio delle chiome di Araucaria è stato generato un totale di pixels contenuti nella stessa (Roi's), questi valori sono stati inseriti in un foglio di calcolo Microsoft Excel e, sottraendo il numero di pixels che si trovavano nel taglio "originale", sono risultati i pixels classificati come ombra. L'ultimo processo è stato calcolare l'area della classe chioma (ombre, rami e ciuffi), considerati dentro le singole chiome o nel gruppo di Araucaria. Per ottenere l'area dell'ombra, in metri quadrati, il numero di pixels è stato moltiplicato per il valore corrispondente alla risoluzione spaziale della fotografia aerea (1 pixel = 0.007225 m²).

Risultati e discussioni

L'elevata risoluzione delle immagini digitali ha permesso di delineare il perimetro delle chiome di Araucaria con relativa facilità. Tuttavia, in molte chiome delimitate era possibile verificare la presenza di altri alberi, generalmente con tonalità più chiara, provenienti del livello superiore o del sottobosco, che sono state eliminate, così come aree scure che caratterizzavano spazi vuoti tra i rami o anche aree di ombra. Le chiome di Araucaria presentano un aspetto radiale caratteristico, ma nel caso dei raggruppamenti è stato più difficile delineare le chiome, perché i rami si sovrapponevano a causa della prossimità degli individui rendendo così più difficile distinguere il numero di chiome.

La classificazione per regole è basata in attributi spaziali, spettrali, texture che può essere utilizzata per la classificazione di uno o più oggetti. In questo elaborato sono stati testati attributi spaziali e spettrali per evidenziare le ombre degli oggetti, analizzando gli attributi che si distaccavano dall'oggetto. Gli attributi spaziali come *area*, *elongation*, *roundness*, *rect-fit*, *numholes*, sono stati testati, ma non hanno fornito risultati soddisfacenti a causa del grande numero di segmenti generati in una sola chioma. Di contro, gli attributi spettrali si sono distaccati poiché i valori (DN) dell'ombra sono distinti in relazione alle altre classi considerate nell'immagine. I valori minimi della banda 1 (banda del blu) e valore massimo della banda 3 (banda del rosso), sono stati distaccati per evidenziare le ombre e l'influenza delle altre specie ed utilizzati per le regole.

La figura 1 evidenzia il delineamento di una chioma singola di Araucaria, la segmentazione utilizza il livello di scala 40 e il risultato della classificazione orientata ad oggetti, la cui percentuale di ombre è di 32.73%. La figura 2 evidenzia lo stesso della figura precedente ma riguarda il gruppo di araucaria, con la percentuale di ombra valutata a 31.77%.

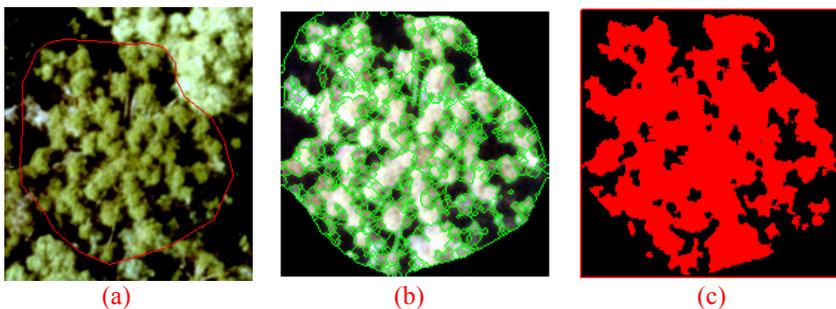


Figura 1 - Chioma singola di Araucaria (a), risultato dalla segmentazione utilizzando il livello di scala 40 (b) e la classificazione orientata ad oggetti (c).

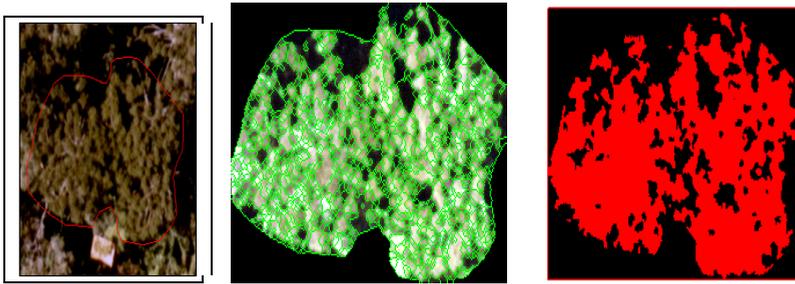


Figura 2 - Raggruppamento di chiome di *Araucaria* (a), risultato della segmentazione utilizzando il livello di scala 40 (b) e la classificazione orientata ad oggetti (c).

Le figure 1 e 2 mostrano che la maggior parte dell'area ombreggiata, nelle chiome di *Araucaria*, si trova nelle estremità dei rami. Questi spazi ombreggiati alle estremità delle chiome sono dovuti ai rami inferiori degli alberi adulti di *araucaria* che si trovano nei primi verticilli delle chiome (dal basso verso l'alto). In questo caso, viste le differenti dimensioni dei rami nell'architettura della chioma, alcuni rami, e principalmente i ciuffi che si trovano nelle estremità, rimangono come isolati e nelle fotografie aeree sembrano avvolti da aree ombreggiate. Questo fa sì che la delimitazione manuale delle chiome nell'immagine, in alcune parti perimetriche della chioma, diventi soggettiva. Per il fotointerprete, che non conosce questo aspetto, la tendenza sarà la riduzione del perimetro di chioma.

Le chiome di *Araucaria* rappresentano $\sim 32 \pm 5\%$ della percentuale d'ombra. La maggior variabilità nella percentuale di ombra è stata trovata nei raggruppamenti di *Araucaria* rispetto alle singole chiome. Le altre specie forestali latifoglie, che compongono anche lo strato inferiore del bosco, completano gli strati irregolari superiori della foresta, principalmente negli spazi liberi dalle chiome di *araucaria*, insieme alla componente ombra. Nel caso di chiome isolate di *araucaria*, la percentuale di ombra è variata tra il 29,48% e il 33,38% con varianza di 16,31%, mentre i gruppi di chioma di *Araucaria* hanno avuto una percentuale di ombra di 26,16% a 38,65%, con varianza di 49,72%.

Le fotografie sono state realizzate nel mese di agosto, in pieno inverno brasiliano, poichè i valori di ombra, definiti in questo studio, sarebbero stati inferiori se le fotografie fossero state realizzate durante l'estate o la primavera, periodo nel quale l'influenza di altre specie avrebbe influenzato il risultato finale. Tra i fattori responsabili dell'elevato valore di percentuale di ombra trovata nelle chiome di *Araucaria* è possibile distinguere: la ricchezza di dettagli nelle chiome, provenienti dall'elevatissima risoluzione delle immagini digitali e dal posizionamento del sensore (fotocamera), rispetto al sole e alle chiome di *Araucaria* nel momento della realizzazione fotografica.

Di conseguenza, l'uso di regole basate sulle caratteristiche spettrali delle immagini di altissima risoluzione, permette di quantificare la componente ombra della chioma di *Araucaria* nella foresta primaria. Quantificazione che può essere utile quando si utilizzano determinate tecniche di trattamento di dati sensoriali, quali il modello lineare di miscela spettrale, che modella i componenti puri nell'analisi di obiettivi forestali in un contesto intra-pixel, come un "input" di variabili di entrata per le classificazioni tematiche.

Considerazioni finali

La manipolazione delle informazioni spettrali dei tagli di *Araucaria angustifolia* ha portato alla determinazione di aree e percentuali di ombra, mentre gli aspetti spaziali non hanno fornito informazioni adeguate. Comunque, nella classificazione è stato difficile ritagliare la vegetazione del

sottobosco, come le latifoglie, a causa della prossimità dei valori spettrali simili a quelli dei rami di Araucaria.

Le chiome di Araucaria, sia isolate che raggruppate, hanno dato una percentuale di ombra del 33,36% e 31,77% rispettivamente, con variazione del 4,77% rispetto alla media. Nei gruppi di chiome la varianza dell'area di ombra è stata maggiore poiché alcuni gruppi di chiome risultavano meno addensate e contenevano, conseguentemente, più spazio tra le chiome. La maggior parte dell'area ombreggiata, nelle chiome di Araucaria, si trova nelle estremità delle chiome.

Keywords: remote sensing, mixture ombrophilous forest, canopy, components, forest inventory

References

Disperati, A. A., Oliveira filho, P. C. 2005, Delineamento de copas de árvores, em fotografias aéreas de alta resolução, através de suas sombras periféricas, *Revista Árvore*, SIF, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 195-202.

Disperati, A. A., Santos, J. R., Servello, E., Camargo, F. F., Disperati, J., LISBOA, G. S., 2009a, Semantic network applied to IKONOS-2 image for the delineation of *Araucaria angustifolia* (Brazilian pine) crowns in a Mixed Ombrophilous Forest, In: *33rd International Symposium on Remote Sensing of Environment*, 2009, Stresa, Lago Maggiore, Italy. ISPRS, JRC, International Center for Remote Sensing of Environment, 4 p.

Disperati, A. A., Pesck, V. A., Disperati, J., Santos, J. R., Rudek, A., Figueiredo Filho, A., 2009b, Identificazione di chiome di *Araucaria angustifolia* nella banda dell'infrarosso vicino, fornite da Quickbird 2, In: *13^a Conferenza Nazionale ASITA*, 2009, Bari - Itália. p. 1005-1010.

Gougeon, F. A. 1999. Automatic individual tree crown delineation using a valley-following algorithm and a rule-based system. In *International Forum Automated Interpretation of High Spatial Resolution Digital Imagery for Forestry*, Victoria, Canada, Canadian Forest Service, pp. 11-23.

RSI-Research Systems Inc. 2008. "Tutorial Envi FX: Classificação por regras-segmentação orientada ao objeto", 15p.

Warner, T. A.; Lee, J. Y.; McGraw, J.B. 1999. Delineation and identification of individual trees in the eastern deciduous forest. In *International Forum Automated Interpretation of High Spatial Resolution Digital Imagery for Forestry*, Victoria, Canada, Canadian Forest Service, pp. 81-91.